TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 188 - Janeiro - 1949

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
188
Janeiro — 1949

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES
ADMINISTRADOR
JOSÉ MARIA AVILLEZ
BIBLIOTECÁRIO
HORÁCIO DE CAMPOS NETO
SECRETÁRIO
LUÍZ DA CUNHA FERRAZ
CORPO REDACTORIAL
JOÃO A. A. JUSTO
JOSÉ PIRES CASTANHO
DUARTE N. MENDES DA COSTA

NÚMERO AVULSO 9$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	25$00	45$00	85$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	50$00	90$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

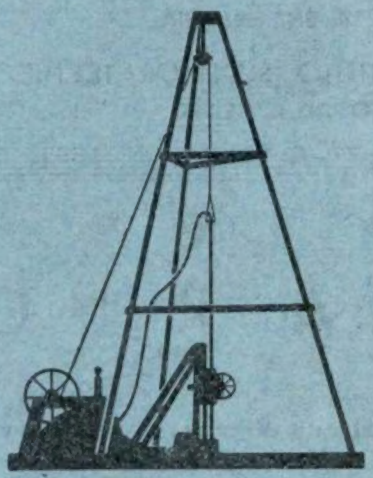
SUMÁRIO

CAPA — Cais de Bitetos e estrada de acesso — Rio Douro

		Págs
Orientação Escolar e Profissional para Engenheiros	Eng.º Adriano Rodrigues . .	121
Moderna Geodesia Colonial . .	Almirante Gago Coutinho . .	131
A produção térmica na futura rede eléctrica nacional	Eng.º José Nascimento Ferreira Dias Júnior	133
O problema da produção hidroeléctrica nos anos secos . . .	Eng.º Afonso Zuzarte de Mendonça	144
A fotogrametria perante as obras de fomento no País . .	Eng.º Carvalho Xerez . . .	151
Notícia sobre o Laboratório de Tratamento de Minérios do Instituto Superior Técnico . .	Eng.º José Quintino Rogado	157
Sedimentação. Espessamento .	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	161
Processos unitários da química orgânica — Esterificação . . .	Eng.º Manuel Chagas Roquette	169
Biblioteca	. . . . .	180

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

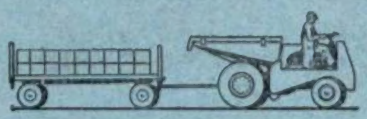
Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

MUIR-HILL DUMPER

TRANSPORTADORES BASCULANTES COM COMANDO ROTATIVO



O método mais económico de transportar materiais a granel, como podem comprovar as unidades já ao serviço em Portugal

///

OS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

HENRY M. F. HATHERLY, L.DA

RUA DO COMÉRCIO, 8

Telefones 2 2001 e 2 6633 — LISBOA

vos fornecerão todos os detalhes e as suas propostas para entregas rápidas

TÉCNICA
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES
DIRECTOR

ANO XXV - N.º 188 JANEIRO 1949

Orientação Escolar e Profissional para Engenheiros

PELO ENG.º ADRIANO RODRIGUES
Prof. da Faculdade de Engenharia do Porto

C. D. 378.962

Tese apresentada ao 2.º Congresso Nacional de Engenharia

O homem culto é um homem modesto, que tem consciência da pobreza do seu saber em face da imensidade da ciência; é um homem tolerante, que está profundamente persuadido de que as verdades não podem ter o rigor dos teoremas de geometria; é um homem insatisfeito, que não se detém na contemplação e no goso do que possui, mas que por um esforço desta inquietação humana, geradora de tentativas repetidas, se põe a si novos problemas quer filosóficos, quer sociais, quer científicos, quer práticos, e tenta dar-lhes uma resposta.

EMILE PLANCHARD

Hoje o coeficiente de vitalidade de uma nação é medido pelo valor dos seus técnicos.

As escolas superiores de engenharia são hoje o poderoso maquinismo que cria e desenvolve as grandes mentalidades modernas.

ENG.º ARAÚJO CORREIA

A frequência extraordinária dos cursos universitários de engenharia, crescendo em ritmo vertiginoso, com uma selecção dos candidatos que reputamos dificientíssima, em face do progresso grandioso da missão dos engenheiros na Civilização e na vida moderna, e da nossa responsabilidade como uma das principais potências coloniais, levou-nos a pensar na forma de solucionar as graves dificuldades criadas por tão delicado problema.

Destas meditações, e do que lemos sobre o assunto nasceu o presente estudo, que nos pareceu poder enquadrar-se lògicamente no ambiente e no programa de trabalhos do II Congresso Nacional de Engenharia.

Que ele provoque outras soluções ou sugestões mais valiosas, são os meus sinceros votos, a fim de que se resolva um problema que afecta sèriamente a marcha do Ensino e o futuro da Engenharia em Portugal.

A orientação profissional tem por fim «racionalizar» o emprego, denunciar as falsas vocações, revelar as aptidões verdadeiras; aconselha, mas não ordena ([1]).

A orientação profissional realizada em condições de real eficiência científica é um dos métodos mais seguros de valorização moral, social e económica do indivíduo, e por conseguinte uma das mais eficazes contribuições para o progresso da colectividade ([2]).

Enquanto o material mecânico da indústria moderna é submetido a provas minuciosas antes de ser utilizado, o material humano, pelo menos tão importante, escapa a todo o exame análogo ([3]).

3 fases, 3 legendas, que exprimem em datas diferentes um mesmo conceito que o taylorismo, a fonte da organização científica do trabalho, fez nascer, e que a complexidade crescente da vida técnica fez desenvolver e amplia cada vez mais.

Seria ideal a existência de métodos perfeitos de discernimento de vocações e aptidões, para todas as profissões, desde as mais simples, de ordem manual, às mais transcendentes, de natureza intelectual, a fim de dar a cada ser humano a sua mais ajustada tarefa no seio da comunidade, criando deste modo a alegria no trabalho, com o máximo de rendimento.

Porém, conquanto a psicologia, a caracteorologia e a sociologia tenham indubitàvelmente progredido em nossos dias, o certo é que a psicotecnia é ainda, fora das actividades manuais, um instrumento imperfeito.

Mas isto não significa que se ponha de parte nas profissões de carácter mais intelectual. Pelo contrário, interessa conhecê-la e aplicá-la dentro das possibilidades e circunstâncias, pois que em muitos casos ela vem prestando já relevantes serviços.

No mundo civilizado ela tende a generalizar-se a todas as actividades humanas e a instituir-se em todos os graus do ensino, desde o primário ao universitário. Vêmo-la instituída nesse país modelar que é a Suíça, onde a «*Fondation suisse pour la psicotechnique*», por uma quantia módica, faz o exame das aptidões profissionais, de modo que os jóvens, de ambos os sexos «*não mais* (di-lo uma publicação oficial) *estejam expostos a lançar-se às cegas numa carreira*».

Vímo-la em plena floração na Alemanha, onde mesmo durante a guerra última, só de 1941 a 1943, foram criados mais 143 órgãos orientadores pela Frente do Trabalho, constituindo consultórios públicos para a escolha da profissão, mediante exame psicotécnico adequado, de modo a indicar, pelo conhecimento do valor da personalidade, o destino mais próprio a cada um.

Vêmo-la desenvolver extraordinàriamente na América do Norte, na França, na Inglaterra, na Espanha, na Itália, na Rússia, e de um modo geral em todos os países, tendo recebido durante a guerra passada largo impulso e aplicação.

Ainda recentemente, na Inglaterra, o ministro Alexander estabeleceu provas de carácter científico para todos os tipos de Trabalhadores, baseadas nas normas aplicadas ao serviço de selecção científica das forças armadas durante a guerra. Alexander confia plenamente na eficácia de tais provas no sentido de resolver as dificuldades de mão de obra da indústria Britânica.

Com o ministro do Trabalho inglês colaboram assìduamente as associações de directores de escolas.

Na Rússia, onde nesta matéria adquiriu fama o psiquiatra Rossolino, a orientação profissional conhece enorme voga, por meio da imprensa, de conferências, e do cinema.

([1]) «Guide pratique de l'Orientation professionnelle». «Études Corporatives. Guy de Beaumont — 1938.

([2]) «A escolha da carreira para os nossos filhos» — Dr. Faria de Vasconcelos — 1936.

([3]) «Le maniement des hommes» — Cel E. L Munson — 1928.

Na França a orientação profissional desenvolveu-se notàvelmente quanto às profissões manuais, nas quais ela permite determinar com precisão suficiente as aptidões psicológicas e as possibilidades físicas. A complexidade das carreiras liberais tem sido objecto de muitos trabalhos de aperfeiçoamento dos métodos.

Dissemos, há pouco, que a organização dos Serviços de orientação profissional do Ensino tende a intensificar-se por toda a parte.

Efectivamente, é nas idades escolares que pode colher-se o caudal de informações que permitem chegar, como se pretende presentemente, ao equacionamento, em síntese, da personalidade de cada um, para uma futura aplicação mais racional das suas faculdades, dentro do condicionamento estabelecido por todos os factores físicos, psíquicos e sociais.

Com razão, disse lapidarmente De Monzie, quando Ministro da Educação Nacional em França, ao definir o objectivo da educação, estas palavras, que encerram todo um programa, integrado nos mais modernos conceitos cristãos:

> «Para mim, a verdadeira educação moderna seria aquela que levasse cada criança a tomar consciência das suas aptidões individuais mais verdadeiras, que orientasse sem pressa a sua actividade no sentido próprio das suas aptidões, paciente mas seguramente discernidas, e que fizesse de cada homem o obreiro de uma tarefa amada e bem feita».

Compreende-se, portanto, que o serviço de orientação profissional deva estar organizado desde o grau primário, em que a flor da personalidade desabrocha, até à Universidade, onde a personalidade de cada um completa a sua maturidade escolar.

A medicina escolar e a orientação profissional devem dar-se as mãos, acompanhando o estudante em toda a sua vida escolar, orientando-a no melhor caminho, definido por tendências e aptidões que integram uma vocação e uma profissão.

Na passagem de uns para outros graus do ensino, de umas para outras escolas de grau ou tipo diferente, deveria a orientação profissional intervir, estabelecendo o conjunto de provas mais adequadas às aplicações futuras de cada especialidade, de harmonia com as tendências e aptidões inteclectuais e afectivas.

Interessa-nos, porém, no presente trabalho, focar o problema da orientação profissional universitária, particularmente na parte que diz respeito aos engenheiros.

* * *

Segundo Leon Walther [1], são 3 os motivos principais que determinam a entrada dos estudantes, e por extensão lógica (postos de parte detalhes que só interessam ao sexo feminino) dos estudantes nas Universidades:

1.º — a preparação para uma profissão determinada;
2.º — a possibilidade de aprofundar a sua cultura intelectual;
3.º — a satisfação de um interesse puramente teórico e científico.

Sem dúvida que é no 1.º motivo que a maioria esmagadora dos estudantes (ou suas famílias) assentam a sua entrada na Universidade.

A 2.ª categoria deve ser rara, e mais rara a dos estudantes que entram na Universidade pelo 3.º dos motivos apontados.

---

[1] «La orientacion profesional para los estudios superiores». — 1935.

Em regra, os nossos estudantes dos 2 sexos procuram fazer um curso superior, como base de uma profissão futura rendosa e com prestígio social. Pondo de parte escrúpulos de vocação ou aptidão, só os preocupa o seu futuro material e económico.

A admissão às Universidades baseia-se presentemente, para os vários cursos, em provas de conhecimentos científicos reduzidas em número, e que pouco diferem das correspondentes do exame final do curso complementar dos liceus. O Curriculum liceal não é apreciado, nem acompanha os alunos que pretendem ingressar nas Universidades. Havendo, como há, nos Liceus, organizado um serviço de testes e exames, que obedece aos princípios de orientação profissional (testes de Ballard e Otis — adaptado por Rui Carrington da Costa) não se aproveitam fora dos liceus para a passagem ao escalão universitário, o que nos parece um erro grave.

Assim, à entrada da Universidade deveria fazer-se um exame médico, e, um exame psicotécnico, adaptados aos vários tipos diferentes de Faculdades, e de carreiras a que habilitam.

Apesar de todas as dificuldades que a resolução científica do problema encerra, diz Leon Walther, é possível, e mesmo desejável, que se institua a orientação profissional para as carreiras liberais e académicas.

O mesmo autor cita na sua obra ([1]) várias Universidades norte-americanas, onde ela foi introduzida, como sejam, a de Yale, a de West Point, a de Connecticut, a de Chicago, a de Pensilvânia, a de Kentucky e a de Indiana. Na Alemanha também o centro orientador, anexo à Universidade de Berlim, suscitou o mais elevado interesse. Na Tchecoslováquia tornaram-se, já há bastantes anos, obrigatórios os exames psicotécnicos para a admissão às Faculdades de Letras e Ciências. Noutros países a tendência orgânica destes serviços toma um rumo extra-universitário, irradiando de um Instituto Central, ao qual compete a direcção superior de todos os trabalhos, e a sua execução, por meio de órgãos adequados dele dependentes, o que tem a vantagem de colher ensinamentos que dizem respeito a todas as camadas da população e estar em contacto com todos os ambientes pedagógicos.

A divulgação do conhecimento das características das várias profissões (para o que se dispõe de numerosas monografias) muito poderia contribuir para uma melhor escolha da profissão ([2]). A divulgação de uma estatística das profissões, e seu movimento, que permitisse fazer uma ideia de conjunto sobre as colocações, também seria um auxiliar precioso para o mesmo efeito orientador.

É ao Estado que incumbe solucionar os problemas resultantes do excesso de população universitária. Não nos assusta este excesso, desde que em realidade todos os que entrem nas Universidades tenham capacidade intelectual e psicotécnica para os rumos que pretendam seguir ([3]).

Aliás, é geral aquele fenómeno.

Assusta-nos, sim, que muitos estudantes pretendam seguir carreiras para as quais não possuam aptidão nem vocação, levados apenas pelo facto de serem prometedoras, numa dada época.

A prová-lo, estão os numerosos estudantes que entram nos Liceus e nas Universidades, e não chegam ao fim dos respectivos cursos, com grande prejuízo para as famílias, para eles próprios e para a Nação.

Seria, mesmo, de maior conveniência organizar-se uma cuidadosa estatística destes alunos — e fazer-se um estudo criterioso das causas do insucesso de tantos estudantes, mas

---

([1]) Vide referência bibliográfica anterior.

([2]) Na Inglaterra exibiram-se filmes relativos a várias profissões, muito interessantes — «Britain-to-day» n.º 117 — Jan. de 1946.

([3]) A Inglaterra propõe-se aumentar o número de estudantes Universitários, de 45 %. Tendo tido 43.500 em 1938 pretende passar este número para 63.000 — «Britain-to-day» — Set. de 1947.

isto só pode levar-se a cabo quando estejam instalados e bem organizados os Serviços de Orientação Profissional em todos os estabelecimentos de ensino, funcionando em conjunto harmónico. Pena é que tais alunos não fossem, desde início, ou na devida oportunidade, encaminhados ou desviados para a direcção mais indicada pela psicotécnica.

Por isso, estamos de acordo com Leon Walther, quando diz que os exames se devem dirigir mais às aptidões do que aos conhecimentos adquiridos.

Num belo trabalho, lido pelo seu autor na inauguração do ano académico de 1929-1930 na Universidade de Madrid (1), faz-se sentir eloquentemente toda a importância da selecção profissional dos estudantes — *«como base, que é,* de uma *dinâmica social do trabalho, fundada numa organização científica das actividades»*.

Mais recentemente (2), publicou Ana Caeiro Gonzales um «ensaio de exame de selecção orientadora dos candidatos à frequência universitária», realizada no nosso «Instituto de Orientação Profissional», que tanto honra o País. Nele se apresenta um estudo interessantíssimo (primeiro e único em Portugal) do problema, que merece ser lido por todos os professores universitários, e em que se definem sintèticamente as linhas gerais dos métodos e seus testes, aplicáveis.

Tivemos ocasião de examinar, na grata visita que realizámos ao Instituto, posteriormente, os relatórios de alguns desses exames, sobre os testes, de alunos que, tendo terminado o curso liceal, pretendiam ingressar nos cursos superiores de engenharia, e que muito apreciámos. Sendo o nível elevado do desenvolvimento intelectual um dos requisitos essenciais para o triunfo nas carreiras superiores, é evidente que a sua verificação deve ocupar um lugar de relevo no teste do exame psico-técnico.

Não é, todavia, o problema geral que desejamos aqui focar, mas particularmente o problema da selecção para a engenharia.

* * *

A profissão de engenheiro, com o progresso da Técnica em todos os campos da actividade humana, tende a ocupar o primeiro lugar no mundo actual.

O mundo de amanhã (3) parece estar designado a ser um mundo no qual o engenheiro cada dia exercerá um papel mais importante, no qual serão chefes aqueles que compreendam os princípios da civilização moderna.

A forte concorrência mundial para a conquista dos mercados exige um progresso técnico incessante, novas invenções, novos aperfeiçoamentos, novas máquinas, novos processos.

São os engenheiros os principais fiadores desse progresso, de mãos dadas com os cientistas físico-químicos, matemáticos e minerogeológicos.

A responsabilidade dos engenheiros na vida da nação, tornou-se maior, e tem de continuar a aumentar para que o progresso não cesse, disse, no ano passado, o americano Carlos Lamb (4).

Porém, o campo de acção dos engenheiros alargou-se extraordinàriamente, transbordando da Técnica para os campos económico, administrativo, financeiro, social e político.

Já em 1930 afirmava Groesbeck que uma das causas maiores da prosperidade da América do Norte fora a união do génio financeiro com o engenheiro, para desenvolver as

---

(1) «La seleccion profesional de los estudiantes» Dr. Lucio Gil y Fagoaga — Madrid de 1929.

(2) «Orientação para a Universidade» — Boletim do I. O. P. M.ª L.ª Barbosa de Carvalho — Outubro de 1944.

(3) «Funções do eng.º em relação ao capital» por C. E. Groesbeck, presidente da Electric Bond e Share Company — «Técnica» — Junho de 1930.

(4) «Os engenheiros moldarão o futuro». Scientific American — Novembro de 1947.

florescentes e complicadas indústrias que ali estabeleceram o mais alto padrão de vida que o mundo conhece. E acrescentava:

Há muitíssimos ramos nos quais o engenheiro se tem distinguido, mas não conheço nenhum no qual a sua preparação tenha maior valor, para os negócios e para o público, do que na fiscalização e protecção da parte financeira das nossas grandes empresas industriais.

Todo o engenheiro bem preparado, sob a estrita disciplina da sua técnica escolar, adquiriu certas maneiras de pensar, as quais, uma vez bem enraizadas, podem ser sempre aplicadas por ele. Não importa a que ramo do esfôrço humano ele se dedique, figuram entre as suas melhores qualidades — : o poder de concentração, o poder de análise, a habilidade para separar o essencial do secundário, a facilidade na correlação dos factos. Estas características dão-lhe flexibilidade à inteligência.

Assim se pode compreender o que nos diz o insigne professor inglês de engenharia S. J. Davies — (1): *a engenharia abrange uma larga actividade e por isso precisamos de toda a espécie de pessoas para engenheiros.*

São precisos engenheiros para executar a parte técnica (cuja participação varia em função da parte que toma na administração) e outros para a parte comercial. Ainda outros, dedicar-se-ão à investigação científica.

Por outro lado, e dentro da própria parte técnica, são cada vez mais numerosas as especializações, criadas pelo progresso incessante e multiforme da ciência e da Técnica, provida de aparelhagem complicada e de controlo repuxado.

Num estudo recente, que lemos sobre a criação da «engenharia mineral» citam-se nada menos de 12 ramos ou especialidades de «engenheiros minerais» cujos campos de incidência vão desde a geologia e a geofísica aos tratamentos dos produtos cerâmicos e não metalúrgicos.

Nas grandes fábricas siderúrgicas (outro exemplo) há pelo menos 13 espécies de engenheiros, de harmonia com serviços diferentes que comporta.

Além disto e ainda dentro da Técnica, há, como muito bem disse o Engenheiro Ferreira Dias, referindo-se aos engenheiros mecânicos e electrotécnicos, duas modalidades de engenheiros a considerar: — «*o engenheiro de execução, que vive em contacto com os pormenores práticos da Técnica, e o engenheiro de gabinete, que se dedica a assuntos de feição teórica ou directiva*».

Por sua vez Henry Le Chatelier afirmou que havia a distinguir duas categorias bem separadas de engenheiros: — *Os chefes de indústria, de larga cultura intelectual e, por outro lado, os engenheiros de segunda ordem, entre os quais se poderia considerar uma classe média, recrutada entre a élite da segunda e os resíduos da primeira.*

Resumindo, há portanto uma infinidade de modalidades de engenharia e de empregos possíveis para engenheiros — a que corresponderão «nuances» diferentes de carácter, temperamento, cultura, educação e sensibilidade, embora todos devam ter certas características fundamentais próprias dos engenheiros.

Esta variedade de tipos dificulta, é claro, o problema da aplicação das normas da orientação profissional, que não deve ser prematura.

Algumas das altas missões, todavia, entregues aos engenheiros, só o são depois da aquisição de uma larga experiência, e de uma elevada cultura, que só os anos dão, e na qual vão avultando certas faculdades mais nobres.

Porém, a orientação profissional escolar, bem conduzida, e acompanhando carinhosa e inteligentemente o aluno durante o seu curso de Engenharia universitário, pode colher elementos valiosos para definir uma directriz num futuro próximo.

---

(1) «A técnica, seu progresso e ensino» — Boletim da Ordem de Engenheiros. Novembro de 1946.

Cabe aqui lembrar que, pelas razões que apontamos, em vários países, só depois de certo período de tempo sobre a conclusão do curso, é considerado como engenheiro para o efeito das responsabilidades, aquele que termina um curso. Este período de tempo é empregado na prática da profissão, constituindo tirocínio ou estágio de preparação e revelação de tendências e aptidões.

Mas, se é impossível distinguir nuances durante o curso universitário, já não é tão difícil o discernimento das qualidades que deve possuir o engenheiro para cada um dos cursos. Há qualidades de ordem geral, fundamentais e comuns, e qualidades inerentes a cada ramo ou especialidade. É evidente que o engenheiro de minas, dedicado à sua exploração, deve possuir qualidades e características particulares diversas das do engenheiro químico que se dedique à técnica de indústrias químicas; que o engenheiro que se dedica à construção de estradas ou caminhos de ferro, ou edifícios, tem de ser diferente daquele que tem de dirigir uma Central geradora de energia; e que o engenheiro mecânico, que constrói turbinas e motores, diverge do que tem a responsabilidade duma secção importante duma grande fábrica siderúrgica. Mas todos eles devem possuir qualidades fundamentais comuns, que marcam a profissão.

Vejamos agora sobre as qualidades gerais que deve possuir o engenheiro, o que dizem alguns escritores idóneos e engenheiros distintos que ao assunto têm aplicado a sua atenção.

Raoul Grandmaitre(1) pretende que o engenheiro possua *«o amor da natureza, o ideal de criador e de artista, sonhos humanitários, paixão de justiça, sede de verdade, sentido do risco, desprezo pelo dinheiro,* qualidades, assevera, que se notam nos grandes engenheiros e até na maior parte dos engenheiros.

Victor Cambon(2) exige-lhe as seguintes virtudes:

— equilíbrio intelectual e físico,
— reflexão e energia,
— paixão da ordem e espírito de organização,
— senso na escolha judiciosa nos colaboradores de todas as categorias,
— largueza de vistas e sentido do progresso,
— culto da experimentação metódica,
— solicitude, unida à firmeza, para com os subordinados,
— preocupação constante da dignidade pessoal.

O Prof. Vicente Ferreira(3), que tanto prestigia a engenharia nacional, afirmou que são três as qualidades essenciais a desenvolver no aluno de engenharia:

— o espírito de observação,
— a imaginação,
— a destreza manual.

Este desenvolvimento acrescentou, requere, a par dos estudos teóricos, aplicação constante aos trabalhos:

— *de laboratório* (física, química, resistência de materiais, mecânica, electrotécnica, hidráulica, etc.);

---

(1) «L'ingénieur — Paris — 1937.

(2) «L'industrie organisée» — Payot — Paris 1920.

(3) «Formação do engenheiro moderno», discurso proferido no I. S. Técnico, na sessão inaugural de 25 de Novembro de 1943.

— *de salas de estudos,* para resolver problemas *técnicos* das respectivas especialidades;
— *de oficinas,* sobretudo de carpintaria, ferraria, modelação.

O Eng.º Ricardo Esquivel Teixeira (1) entende que o exercício da profissão de engenharia implica o conhecimento das condições do trabalho físico do homem... o conhecimento da alma humana e da psicologia das multidões, a ciência da organização, elevados conhecimentos científicos e técnicos e ainda a posse das ciências sociológicas.

Citemos ainda a opinião do eminente professor Léon Guillet (2): — para ele o valor profissional do engenheiro deverá corresponder a 25 %; outros 25 % corresponderão ao valor da sua cultura geral, e finalmente, o seu valor moral deve ser representado por 50 % do valor global.

Não é contestável a importância do valor moral do engenheiro, cuja responsabilidade na marcha dos grandes empreendimentos humanos é tão aguda, nem o valor da cultura geral, que é indispensável para o exercício de missões infinitamente variadas e por vezes de transcendente grandeza.

As qualidades apontadas, a que deve juntar-se o vigor físico, indispensável na maior parte dos trabalhos e na exemplificação da resistência, da pontualidade e da assiduidade, notàvelmente em climas ásperos, e sob intempéries inclementes (regiões coloniais), mostram à sociedade, como são deficientes as provas de capacidade que se exigem entre nós (país colonial) aos futuros engenheiros, e como seria de grande vantagem a instituição dos serviços orientadores no ensino geral, e em particular nas Universidades.

E já que falamos em cultura geral, seja-nos permitido abordar, mais de espaço, o seu aspecto extra-técnico, pelo seu alto interesse no mundo político-económico-social moderno.

Essa cultura geral, de tipo humanista, já em parte adquirida no ensino liceal, deve ser completada nos cursos superiores. Faz-se sentir entre nós a necessidade de estudos da história e filosofia das ciências, de psicologia e sociologia, senão em cursos, ao menos em séries de conferências, segundo um programa metódico, elaborado e realizado por pessoas competentes. Nesta ordem de ideias as Faculdades de Letras de Lisboa e Coimbra, e o Centro de Estudos Humanísticos no Porto podem desempenhar importante papel. Disse, um dia, o Prof. argentino José Ingenieros (3) que «a especialização, sem uma base prévia de cultura geral, era contrária ao desenvolvimento da personalidade e criava apenas amanuenses aperfeiçoados».

O conhecimento da natureza humana (4) é desejável para o engenheiro, como rectificador dos seus processos lógicos de pensamento, habituado, como foi nos seus cursos, à necessidade de factos provados por raciocínios lógicos neles baseados. Todavia, não deve esquecer-se que, a aptidão aos raciocínios e aos actos lógicos não é comum à vasta maioria da gente. A maior parte das decisões de seres humanos são mais baseadas na emoção do que na lógica. «Há processos lógicos e não lógicos de pensar; mas estes, que não são necessàriamente ilógicos (Chester Barnard), podem ser lógicos, mas produzidos com tal velocidade que impedem a análise lógica de todos os factos pelo indivíduo dentro de cujo cérebro têm lugar. Chama-se-lhe por vezes intuição, mas o certo é que nas relações entre homens, e em especial na vida do engenheiro, não podem ser ignorados os processos não-lógicos».

Conhecer as várias filosofias da vida, distinguir umas das outras pelos seus predicados maléficos ou benéficos — eis outra necessidade do engenheiro — pois ele tem de conhecer os motores ocultos de muitas manifestações colectivas das massas trabalhadoras,

---

(1) «A profissão do engenheiro», conferência na Ordem dos Engenheiros em 29 de Maio de 1947.

(2) «Missão social do engenheiro», pelo eng.º Sousa Lobo. «Técnica» — Junho 1946.

(3) «La Universidad del porvenir» Renovacion — Buenos-Aires — Janeiro 1925.

(4) Veja-se «Educação dos engenheiros para a vida profissional e civil», por John Crout — Minig & Metallurgy — Outubro 1947.

movidas por ideologias e paixões tremendas. O conhecimento da história humana será também muito útil ao engenheiro.

Na América do Norte, a grande nação, que está longe de ser tão materialista como alguns supõem, está-se amplificando e ganhando terreno a ideia de mitigar, de compensar o excesso de ciências exactas de ordem tecnológica, com a organização de estudos humanistas, pensando que deste modo o engenheiro melhor poderá desempenhar as múltiplas missões que lhe competem no futuro no campo social, político e económico da nação. «É que [1] a exigência de conhecimentos especializados nos diversos ramos de engenharia, no sentido de uma competência particular, fez descurar a preparação dos engenheiros para a vida, no seu sentido mais alto».

Obedecendo a este modo de pensar, vemos já a realização no I. Tecnológico de Minnesota [1] de um curso de 5 anos em paralelo com os 5 anos de ensino técnico, *e sem o prejudicar,* curso aquele destinado aos conhecimentos literários, históricos, biológicos, filosóficos, morais, religiosos, sociais, políticos e económicos.

Parte dos estudos é consagrada à biologia geral, com referência particular ao homem no mundo biológico. Outra parte procura formar uma consciência clara dos direitos efectivos dos cidadãos. Outra parte, ainda, ocupa o campo das chamadas humanidades. A língua inglesa merece especial cuidado para um melhor conhecimento dos meios e métodos de comunicação de ideias.

Não oferece dúvida de que um tal curso virá completar a formação da personalidade e preparar melhor para a vida social e para a sua função o engenheiro. Só com uma forte cultura geral se pode formar uma sã consciêneia cívica, e só com uma élite poderosa de personalidades cìvicamente conscientes e solidarizadas nos mesmos anseios, anelos e ideais, se pode vertebrar uma Nação, ciosa da sua independência.

A formação da personalidade é, há muito tempo, em nosso entender, função primacial da Universidade.

E se é certo que na formação do engenheiro tem papel de relevo mui alto a sua preparação matemática e físico-química, a verdade é que a sua cultura geral não o tem menor. Aquelas ciências formam a ossatura profunda e sólida dos conhecimentos técnicos, é certo.

Mas não basta [2], como se supõe vulgarmente, revelar-se uma predilecção acentuada pelos estudos matemáticos, e obter nos respectivos exames altas classificações, para supor-se um estudante fadado para ser um engenheiro distintíssimo. Esse mesmo estudante pode ser desprovido ou possuir em grau inferior aquelas qualidades mentais que os psicólogos denominam *inteligência técnica,* ou não possuir capacidade de organizador, ou, por ser um tímido, não ser capaz de assumir funções de comando e responsabilidade.

Em tais casos será completamente inepto para o desempenho das funções de direcção inerentes ao cargo de engeneiro.

O valor mental, o vigor físico, o carácter, a cultura geral, científica e técnica, etc., definem em conjunto a personalidade de cada um. Portanto, só um serviço de orientação que registe, observe e interprete, criteriosa e cientìficamente, todos os aspectos da vida do estudante e da sua personalidade global, poderá conscienciosamente demarcar aptidões e rumos.

No domínio escolar [3], o progressso técnico educativo marca-se pelas múltiplas aplicações da psicologia, da sociologia e das outras ciências relacionadas com a educação.

---

(1) «Um plano de 5 anos para educação dos engenheiros» — por T. L. Joseph, Director do «*Instituto Tecnológico*» — «Mining & Metallurgy» — Dezembro de 1917.

(2) «Modernos aspectos da orientação». Prof. Dr. Oliveira Guimarães — Boletim do I. O. P. n.º 4 — Out. 1935.

(3) «Técnica e Humanismo» — Emile Planchard — Boletim n.º 5 de Outubro de 1944 do I. O. P. M.ª L.ª B.ª de Carvalho.

A introdução dos testes, a constituição duma didáctica experimental, a orientação escolar, a determinação científica dos programas, etc. estão entre as manifestações mais límpidas da técnica educativa moderna.

Não discutiremos aqui os processos de orientação profissional aplicáveis a engenheiros. Isso competirá aos técnicos orientadores e a Instituições de categoria do nosso I. Orientação Profissional, cujo conceito ultrapassou as fronteiras.

De resto, como muito bem afirmou Planchard, por preciosos que sejam os processos empregados para descobrir capacidades individuais, muitos aspectos escapam e escaparão sempre ao exame mais sistemático visto que a personalidade humana é inexaurível.

CONCLUSÕES

Como remate, cremos poder concluir deste modo:

1.ª — A grandiosidade e multiplicidade de missões que competem ao engenheiro na vida moderna e no progresso da civilização não pode permitir o acesso à carreira, de estudantes de mentalidade deficiente, de qualidade inferior, de má preparação e fraca cultura geral.

2.ª — As tarefas que incumbem à classe quanto ao desenvolvimento do Ultramar português, que cumpre valorizar intensiva e urgentemente, mais lhe aumentam a responsabilidade e realçam a necessidade de uma cuidadosa selecção.

3.ª — A manifesta deficiência de provas de capacidade prestadas pelos candidatos aos cursos de engenharia, em face da extraordinária frequência, cria problemas graves, que urge solucionar.

4.ª — A aplicação dos princípios e métodos da orientação e selecção escolares e profissionais seria de grande vantagem no ensino, em todos os seus graus, de modo geral, e nos exames de admissão aos estabelecimentos de ensino, tanto secundário, como superior, de modo particular; a aplicação dos testes do «I. Orientação Profissional M.ª L.ª B.ª de Carvalho» relativos aos candidatos a engenheiros, combinada com o exame criterioso do Curriculum psicotécnico liceal, constituiria elemento valioso de selecção.

5.ª — Para tal efeito, impõe-se:

a) o alargamento do âmbito da acção do «Instituto de Orientação M.ª L.ª B.ª de Carvalho», criando-se Delegações ou Centros orientadores em Coimbra e no Porto;

b) extensão da organização da medicina escolar a todos os graus de ensino;

c) publicação de *monografias* sobre as principais profissões, para melhor elucidação e fundamentada decisão das famílias e interessados, na escolha da futura carreira, publicação a cargo do Instituto de Orientação Profissional;

d) publicação de estatísticas especiais adequadas, relativas às profissões mais correntes, pela D. G. Estatística, para melhor conhecimento das possibilidades de emprego;

e) divulgação pela imprensa, a rádio e o cinema, da importância, princípios e métodos em uso na orientação e selecção profissionais.

6.ª — A remodelação do ensino superior técnico, deve incluir nos seus cursos conhecimentos de história e filosofia das ciências, psicologia e sociologia; estimular o desenvolvimento da cultura geral e humanista dos futuros engenheiros é um imperativo da educação moderna; por esta razão, devem as Faculdades de Letras de Coimbra e Lisboa, e o Centro de Estudos Humanísticos do Porto (enquanto não é restituída à Universidade a sua extinta Faculdade de Letras) desenvolver larga actividade naquele sentido.

7.ª — O recrutamento de engenheiros para o nosso Império Ultramarino, tornar-se-á mais fácil e perfeito por meio de serviços de selecção e orientação bem coordenados e conduzidos.

MODERNA GEODESIA COLONIAL

PELO ALMIRANTE GAGO COUTINHO

C. D. 526

O desenvolvido artigo do sr. eng.º Inácio Francisco da Silva, publicado no número de Novembro corrente da *Técnica,* proporciona-me oportunidade de vulgarizar algumas informações técnicas àcerca dos trabalhos geodésicos nas Colónias, onde comecei como adjunto de Missão, chegando por fim a Director Geral dos Serviços Geográficos coloniais. Tudo de 1898 a 1936.

O uso de sinais luminosos foi copiado do que víamos praticar pelos engenheiros ingleses com quem trabalhámos em conjunto. Eram sempre usados os «hélios» de tipo militar, com espelhos de 5 polegadas.

Os nossos espelhos eram diafragmados na proporção da distância a que deviam ser observados. Era corrente entregarmos o serviço de «sinaleiros» a pretos, que não tinham outra preparação além da que adquiriam connosco. Os espelhos eram apontados sobre alvos de abertura limitada. Tais pretos eram depois deixados no alto das estações já ocupadas e, em geral, mantinham fielmente as pontarias, bastando raras vezes chamar-lhes a atenção com relâmpagos pelo espelho da estação observadora.

Porém, a partir de 1908, a M. G. A. O. — que operava em Moçambique a sul do paralelo 22.º — passou a recorrer a sinais nocturnos, por meio dos pequenos projectores usuais de automóveis, com espelho de umas seis polegadas e bicos de acetilene. Este novo esquema provou òptimamente, sendo os sinais visíveis até cem kilómetros. Bastavam-nos duas noites, cada uma de 3 a 4 horas de trabalho, para fechar as observações geodésicas de um *quadrilátero,* pois éramos quatro os observadores, dispondo de quatro teodolitos de círculo de 25 cents., e tínhamos um total de 12 projectores. Os sinais apareciam-nos no campo do óculo como uma estrela, não havia a «tremulina» dos sinais solares, os instrumentos estavam mais livres de dilatação irregular, etc.

A orientação astronómica foi sempre observada sobre projectores em um dos lados maiores da triangulação. Foram medidas duas bases de precisão, uma delas com 11 kms., e erro provável inferior a meio centímetro. Tudo consta dos cadernos de campo e relatórios arquivados na actual *Junta das Missões Científicas.* O cálculo da compensação de triangulação e nivelamento, feito na *Junta,* provou que os *pioneiros* realizaram trabalhos que merecem o nome de *geodésicos.*

O recurso aos sinais nocturnos continuou a ser «trabalho corrente» nas missões geográficas coloniais. E, na *Missão do Barotze,* (1912 a 14), ainda usámos os mesmos projectores, tanto na ligação de longitudes pela lua, entre os paralelos 11.º e 13.º sul, como também na orientação do traçado da fronteira sueste de Angola, na extensão de uns 400 kms., ao longo do meridiano 22.º E. Gr., a qual constitui uma linha de grande precisão. Nestes trabalhos foi utilizado um óptimo *universal* de Repsold, depois *apreendido* pelos japoneses à missão geográfica de Timor. Deste fiel instrumento, que comigo atravessou a África, e esteve no Zambeze e em São Tomé, ainda hoje me recordo sentimentalmente com saudade. Dava-me latitudes com erro provável de décimo e meio do segundo.

Aqueles trabalhos da M. G. A. O. foram reiniciados há vinte anos, sob a direcção do hábil e dinâmico engenheiro hidrógrafo

Baeta Neves. Agora a província de Moçambique está cortada por uns oito quilómetros de desenvolvimento da rede de triangulação, com múltiplas medições de bases e observações astronómicas. O que avulta, como um dos mais importantes trabalhos geodésicos realizados na África.

Podem pois os Portugueses orgulhar-se de lá terem, nos últimos quarenta anos, realizado trabalhos de moderna *geodesia*.

Tais são as resumidas informações que me sugeriu o artigo «Sinais luminosos na triangulação de 1.ª ordem», do número 186 da *Técnica*, as quais têm por fim tornar bem conhecida a importância dos nossos trabalhos geodésicos e cartográficos coloniais, campo vasto aberto aos nóveis engenheiros geógrafos.

Lisboa — Novembro de 1948.

A produção térmica na futura rede eléctrica nacional

PELO ENG.º JOSÉ NASCIMENTO FERREIRA DIAS J.OR

Professor do I. S. T.

C. D. 621.311.22/3 : 621.311.1 (469)

Tese apresentada ao 2.º Congresso Nacional de Engenharia

1 — Posição do problema

A base II da lei n.º 2:002, o instrumento jurídico actual da electrificação do nosso País, estabelece que a produção de energia eléctrica deverá ser principalmente de origem hidráulica, cabendo às centrais térmicas as funções de reserva e apoio. A doutrina parece evidente num País que quase não tem carvão e cujas reservas hidráulicas, sem serem extraordinárias, são relativamente abundantes.

De acordo com este princípio, a base III da mesma lei impõe ao Governo a obrigação de promover e auxiliar a instalação das centrais eléctricas exigidas pelo crescimento do consumo; e nesse sentido se organizaram as empresas concessionárias dos sistemas hidráulicos do Zêzere e do Cávado-Rabagão, cujos primeiros escalões se espera entrem em serviço em 1950-51.

Dentro ainda da mesma directriz, a base VII prevê a paralização definitiva ou temporária das centrais térmicas existentes, sobretudo das que utilizem combustíveis importados, com o objectivo de levar tão longe quanto possível a participação dos recursos nacionais na produção da energia, pelo predomínio bem acentuado da hidroelectricidade.

Mas a contingência da produção hidráulica, dependente do regime das chuvas, largamente demonstrada por toda a Europa com a estiagem excepcional do triénio 1943-45, fez nascer duas dúvidas:

1.ª — Se a orientação da lei n.º 2:002 é a mais conveniente;

2.ª — Se, aceitando em teoria a orientação da lei, se deve considerar como bom o caminho actual de haver um programa de construções hidroeléctricas sem o simultâneo aumento da potência térmica.

A primeira dúvida, fundada na errada suposição de que a lei n.º 2:002 impõe a alimentação do País com energia *exclusivamente* hidráulica, manifestou-se pela primeira vez em dois artigos alarmantes, publicado no «Diário de Lisboa» de 31 de Outubro e 1 de Novembro de 1945, que levaram a Direcção Geral dos Serviços Eléctricos a rectificar, em nota publicada no dia 2 do mesmo mês de Novembro, as ideias mal esclarecidas do articulista anónimo. É assunto que se supõe arrumado.

O objectivo do presente trabalho é dar resposta à segunda dúvida acima apontada, mostrando que o caminho, que foi seguido, de só cuidar da produção hidráulica na actual primeira fase do equipamento das fontes produtoras, é, por enquanto, o único defensável, sem querer dizer que o problema da produção térmica não deva ser considerado na sua oportunidade, a oferecer-se, porventura, dentro de 5 ou 6 anos, para que as necessárias realizações possam estar de pé daqui a uns 10 ou 11.

Faz-se ainda a ressalva de que o problema térmico aqui abordado é o de dar apoio às fontes hidráulicas, depois de entrarem em serviço as centrais agora em construção; o saber como hão-de resolver-se — se é que têm solução satisfatória — as dificuldades de abastecimento até 1950-51,

resultantes da falta de potência instalada, é matéria que se não deseje tratar.

2 — Alguns elementos estatísticos

As dúvidas sobre a suficiência da potência térmica na rede eléctrica portuguesa aumentaram em volume e em peso depois de conhecidas as restrições e dificuldades por que passaram os Países da Europa mais próximos de nós durante a recente estiagem, que acaba de se referir.

É portanto natural que comecemos por analisar a situação desses Países que, umas vezes bem e outras mal, se apontam como exemplos (Espanha, França, Suíça e Itália), e que comparemos os seus centros produtores com os que deverão existir em Portugal nos primeiros anos que vão seguir-se à inauguração, prevista para 1950-51, das centrais hidráulicas agora em montagem.

a) **Espanha:**

Os números que se seguem resumem a posição da Espanha em 1945, o ano mais agudo da estiagem, segundo os *Dados estatisticos tecnicos de las Centrales Eléctricas Españolas,* publicados pelo *Sindicato Vertical de Agua, Gas y Electricidad:*

	Potência instalada MW	Energia produzida kWh × 10⁶	Utilização anual Horas
Centrais hidráulicas .	1 335	3 243	2 430
Centrais térmicas . .	387	993	2 560
Totais . . .	1 722	4 236	

Relação das potências $\frac{387}{1\ 335} = 0{,}29$

Importa porém notar que a potência térmica de Espanha não é toda de apoio estival. A produção média térmica em Espanha nos últimos 15 anos que antecederam a recente estiagem foi da ordem de 300×10^6 kWh anuais, repartidos por todos os meses; e em 1943, ano em que a produção hidráulica ainda subiu normalmente, a produção térmica chegou a 434×10^6 kWh, com o valor quase constante de 25×10^6 kWh mensais durante o inverno e a primavera, e atingindo o máximo de 60×10^6 kWh em Agosto.

Se tomarmos estes 25 milhões mensais como produção térmica permanente, e se os supusermos gerados com a utilização anual de 2.560 horas, máximo que as centrais térmicas atingiram em 1945 (como se indica no quadro anterior), poderemos aceitar que lhes estão afectos 117 MW, o que significa dever tomar-se como potência de apoio estival apenas 270 MW.

A relação entre a potência térmica de apoio e a potência hidráulica desce portanto para 0,20.

b) **França:**

A relação entre o valor das potências instaladas térmica e hidráulica não tem grande significado quando aplicada à França, porque é sabido tratar-se de um País em que a produção de energia se reparte quase ao meio entre as fontes hídricas e térmicas, pois que as condições naturais conduzem a isso. Não tem portanto qualquer fundamento apontar-se a França como exemplo a seguir por nós quanto à composição das fontes de energia.

Por outro lado, as anormalidades causadas pela guerra vieram sobrepor-se aos efeitos da estiagem no período 1943-45, pelo que nada de útil para o nosso caso se poderá tirar das estatísticas. Regista-se apenas a situação em 1946, que se aproxima da normalidade anterior à guerra (estatística da *Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique):*

	Potência instalada MW	Energia produzida kWh × 10⁶	Utilização anual Horas
Centrais hidráulicas .	3 208	9 827	3 060
Centrais térmicas . .	3 700	7 027	1 900
Totais . . .	6 908	16 854	

Relação das potências $\frac{3\ 700}{3\ 208} = 1{,}15$

c) **Suíça:**

O regime hidrográfico dos cursos de água suíços é totalmente diferente do dos nossos e a estiagem afectou muito pouco a produção hidráulica na Suíça. Este exemplo também não tem, por isso, grande interesse para o nosso caso, embora constitua modelo oposto ao da França, com uma potência térmica insignificante. Seguem-se os números referentes a 1942, segundo a estatística da U. I. P. D.:

	Potência instalada MW	Energia produzida kWh × 10⁶	Utilização anual Horas
Centrais hidráulicas .	1 772	6 145	3 450
Centrais térmicas . .	110	5	45
Totais . . .	1 882	6 150	

Relação das potências $\frac{110}{1\ 772} = 0{,}062$

O valor de 45 horas de utilização para a potência térmica não é anormal, embora pareça; nos últimos 10 anos a maior utilização anual das centrais térmicas suiças foi de 173 horas em 1939.

d) **Itália:**

A Itália constitui o exemplo que, a seguir ao da Espanha, mais nos interessa considerar porque tem, com ressalva da cadeia alpina, características semelhantes às nossas no que se refere às fontes hidráulicas de energia, e sofre da mesma penúria de combustíveis.

A posição da Itália em 1941 (ano da última estatística publicada — *La Produzione di Energia Elettrica in Italia nel 1941*) era a seguinte:

	Potência instalada MW	Energia produzida kWh × 10⁶	Utilização anual Horas
Centrais hidráulicas .	5 200	18 835	3 620
Centrais térmicas . .	837	989	1 180
Totais . . .	6 037	19 824	

Relação das potências $\frac{837}{5\ 200} = 0{,}16$

Neste quadro não estão incluídas a Sardenha e a Sicília que tem a sua economia eléctrica independente da península italiana.

A produção térmica repartiu-se naquele ano por todos os meses, com o mínimo de 71 milhões de kWh em Maio e o máximo de 109 em Janeiro. Esta flutuação, aliás pequena, produziu-se apenas nas centrais da Itália setentrional onde as emissões máximas se registaram no inverno e as mínimas no fim da primavera; Na Itália central e meridional a produção térmica foi quase constante todo o ano, graças às instalações geotérmicas de Larderello que nesse ano produziram cerca de metade de toda a energia térmica daquele País.

Consultados outros anos da estatística italiana verifica-se o mesmo facto: uma parte das centrais térmicas trabalha todo o ano, não descendo a produção mínima mensal abaixo de 40 % da máxima ou 50 % da média. Se admitirmos para as térmicas de serviço permanente uma utilização de 5.000 horas (porque as geotérmicas andam perto das 8.000), podemos atribuir-lhes a potência de 100 MW, ficando como potência de apoio 737 MW.

A relação das potências desce então para 0,14.

e) **Portugal:**

Em 1951 a potência hidráulica em Portugal, tendo em conta as obras em curso e tomando 0,8 como valor do factor de potência à semelhança da estatística oficial, deverá ser a seguinte:

Potência actual (1947) . . .		138 MW
Centrais novas:		
Castelo do Bode. .	126	
Vila Nova	77	
Belver	32	
Pracana	14	
Távora (em estudo)	40	289 MW
A transportar		427

Transporte		427
Ampliações:		
Lindoso	31	
Ponte de Jugais . .	7	
Vila Cova	6	
Sabugueiro	4	48 MW
Total . . .		475 MW

Como veremos adiante, esta potência não será suficiente até 1955 (ano para o qual vamos calcular o apoio térmico), impondo-se por volta de 1953-54 a existência de nova central hidráulica com a potência mínima da ordem de 40 MW, com o que a soma anterior se elevará a 515 MW. Esta central figura no quadro da produção de energia, que se apresenta mais adiante, como central não designada.

Por outro lado, a potência térmica de apoio, suposta constituída por todas as centrais actuais com potência igual ou superior a 1.000 kW, será assim constituída *(Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal — Ano de 1946)*:

Centrais de serviço público.	123 MW
Centrais de serviço particular.	20 MW
Total . . .	143 MW

Como a actual potência térmica é de 190 MW, despreza-se a possível mas duvidosa influência de 47 MW das centrais de potência inferior a 1.000 kW, que se presume serão desmontadas na sua maior parte.

A relação das potências será então $\frac{143}{515} = 0{,}28$, número que importa pôr em confronto com os da Espanha e da Itália.

Interessa focar que a posição da potência térmica em Portugal é mais forte do que esta comparação deixa prever, porque a utilização média das centrais hidráulicas espanholas e italianas que anda, em ano médio, acima de 3.000 horas é superior à das centrais portuguesas, cujo máximo pouco excedeu até agora as 2.500 horas, e pouco subirá nos anos próximos, como adiante se refere. O facto deve-se hoje à falta de regularização de muitas centrais, mas resultará amanhã, quando as centrais de albufeira forem a regra, de um pequeno excesso de equipamento que torna legítima a correcção do valor 0,28 que acabamos de achar.

Se fizermos esta correcção, o número português sobe, pelo menos, para 0,32 e a comparação dos três Países pode então resumir-se no seguinte quadro:

PAÍS		Relação entre a potência térmica total e a potência hidráulica	Relação entre a potência térmica de apoio e a potência hidráulica
Itália		0,16	0,14
Espanha		0,29	0,20
Portugal	sem correcção da utilização	0,28	0,28
	com correcção da utilização	0,32	0,32

3 — Influência da estiagem

O Serviço Meteorológico Nacional, ao publicar os registos pluviométricos, não define, por não ser valor suficientemente preciso, a chuva média em Portugal em cada ano, limitando-se a registar precipitações e medias em cada um dos seus postos.

Ao pretender-se relacionar as alturas de chuva com as produções de energia hidroeléctrica, poderão seguir-se dois caminhos. O primeiro, mais minucioso, consistirá em estudar em separado cada uma das bacias hidrográficas e calcular, em função da chuva em cada ano e da sua distribuição, a energia produtível pela potência hidráulica instalada, fazendo seguidamente os somatórios para o conjunto das bacias consideradas, de forma a avaliar os mínimos totais e a probabilidade da sua repetição.

Mas essa minúcia, incompatível, de muito longe, com a possibilidade material de escrever este trabalho, e porventura desnecessária para o objectivo que se pretende, teve que ser abandonada; e recorreu-se

então a um segundo caminho, mais grosseiro, mais seguramente aceitável dentro da inconstância dos fenómenos em jogo.

Consiste esse caminho em avaliar quanto a estiagem do biénio 1944-45 reduziu a produção hidroeléctrica portuguesa em relação à que haveria se não se tivesse quebrado por falta de água o ritmo normal de crescimento; e em formar uma ideia sobre a posição pluviométrica média desse biénio dentro de um período de anos suficientemente longo.

Quanto a este último ponto, a não existência de um valor representativo da chuva média em Portugal, como acima se indica, foi suprida pelo recurso às precipitações anuais no período 1901-46 nos 8 postos situados a norte de Lisboa (inclusivé), que figuram na publicação *O clima de Portugal*, fascículo IV.

Exprimindo cada uma das precipitações anuais em função da média do respectivo posto, e tomando as médias destes valores para os 8 postos indicados, conclui-se que o ano de 1944 tocou o mínimo deste período de 46 anos, com uma redução de cerca de 40 % em relação à média, seguido de perto pelos anos de 1917 e 1938, com cerca de 35 %. Anàlogamente, o ano de 1945 acusa uma redução de 25 % em relação à média, quase em pé de igualdade com os anos de 1908, 1921 e 1933.

Temos assim 7 anos muito secos num período de 46, isto é, uma estiagem forte de 7 em 7 anos; mas o caso de 1945 é manifestamente desfavorável, por se seguir ao ano muito seco de 1944, facto que se não repete no período considerado. A produção hidroeléctrica em Portugal, tal como adiante se mostra, embora tivesse decaído em 1944, só atingiu o mínimo em 1945; e o mesmo fenómeno se verifica em relação ao con-

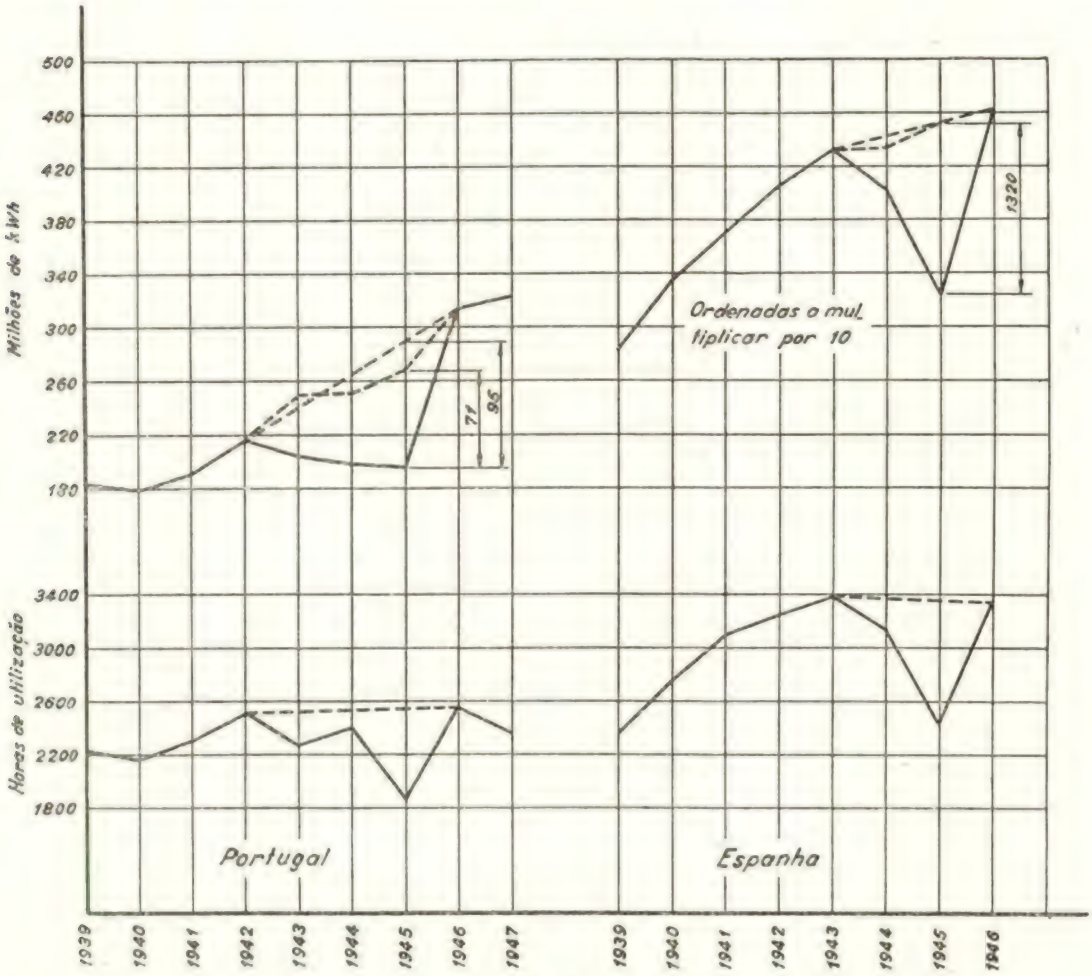


Fig. 1

junto das centrais hidroeléctricas espanholas que, por estarem sujeitas na quase totalidade a regime hidrográfico semelhante ao nosso, nos dão um elemento de aferição da maior importância.

Parece portanto de suficiente prudência contar que nos próximos 8 ou 10 anos se possa verificar uma quebra de produção hidroeléctrica igual à que se registou em 1945, mas não superior.

A avaliação do que teria sido a produção hidroeléctrica nos anos de estiagem, se as chuvas tivessem sido normais, foi feita por duas vias diferentes: ou atribuindo à curva da produção a continuidade que lhe faltou nos anos secos de 1944-45, ou atribuindo essa continuidade à curva da utilização da potência instalada e calculando a produção em conformidade.

Na fig. 1 estão representadas as duas soluções para Portugal e para Espanha, com elementos recolhidos nas duas estatísticas atrás citadas. As curvas inferiores indicam a marcha da utilização anual da potência instalada, representando a linha tracejada a interpolação linear dos valores da utilização durante os anos da seca. As curvas superiores indicam a evolução da produção hidráulica, que teve o seu mínimo em ambos os Países em 1945 mas cuja quebra começou a manifestar-se em Portugal em 1943 e em Espanha em 1944. As linhas a tracejado representam as duas soluções indicadas: a linha recta traduz a interpolação linear da curva da produção; a linha quebrada resulta da aplicação das utilizações interpoladas à potência hidráulica existente em cada ano. Os dois caminhos con-

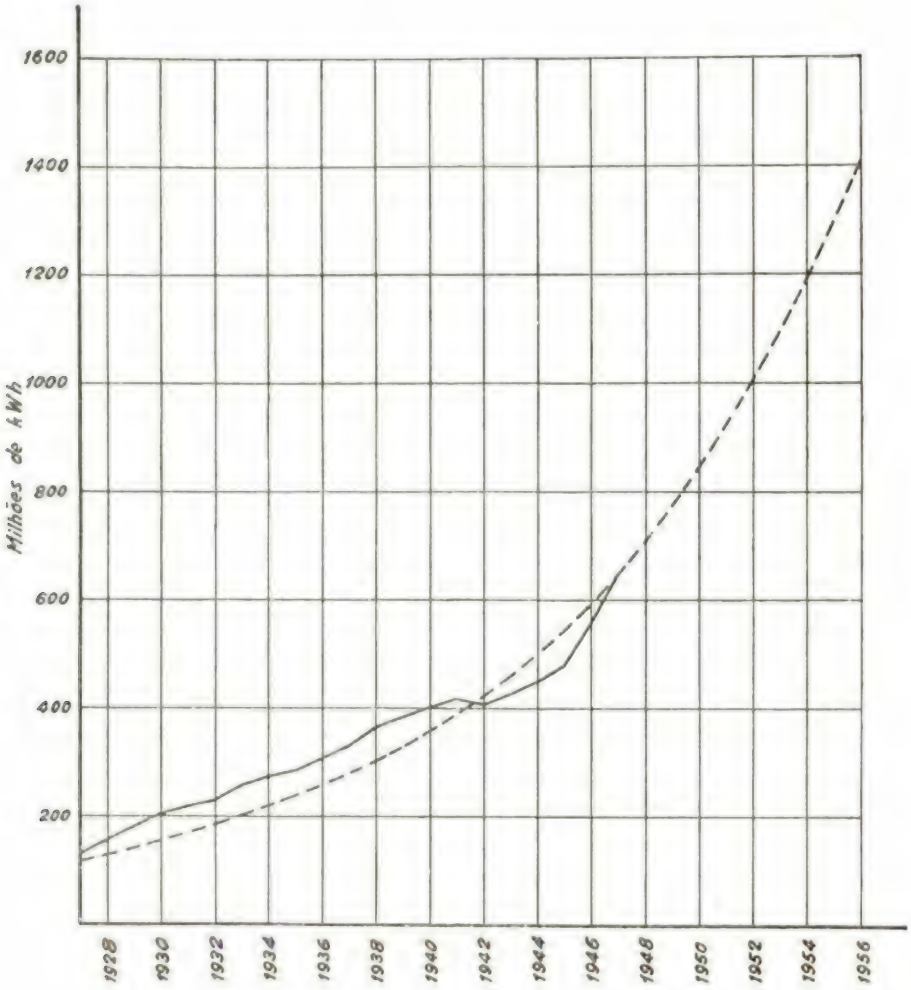


Fig. 2

duziram a resultados um pouco diferentes em Portugal mas concordantes em Espanha.

Da figura tira-se o seguinte quadro:

	PORTUGAL		ESPANHA	
	Por interpolação da utilização	Por interpolação da produção	Por interpolação da utilização	Por interpolação da produção
Produção efectiva — kWh	196×10^6		$3\ 240 \times 10^6$	
Produção teórica — kWh	267×10^6	291×10^6	$4\ 560 \times 10^6$	$4\ 560 \times 10^6$
Quebra de produção em 1945 — kWh	71×10^6	95×10^6	$1\ 320 \times 10^6$	$1\ 320 \times 10^6$
Percentagem de quebra em relação à produção teórica . . .	26,6 %	32,7 %	29,0 %	29,0 %

É de notar a coincidência de resultados em Portugal e em Espanha, atribuível à identidade das perturbações meteorológicas. A quebra de produção registada em 1945 pode considerar-se como diferença em relação ao ano médio, porque foram quase médios os dois anos tomados como limites das interpolações — o de 42 com pequeno excesso e o de 46 com pequeno defeito. Vistos os valore do quadro, fixou-se em 30 % o valor médio desta quebra.

4 — O papel da reserva térmica

Se tomarmos a produção de serviço público de 1947 (653 milhões de kWh, incluindo o pequeno consumo actual de electroquímica) e a considerarmos aumentada à razão de 9 % ao ano, teremos atingido em 1955 cerca de 1.300 milhõs, o que corresponde, suposta a variação linear, ao crescimento médio de 81 milhões por ano, isto é, à duplicação em 8 anos. Não se incluem neste cômputo de crescimento (por não justificarem apoio térmico) as necessidades de algumas grandes indústrias electroquímicas ou electrometalúrgicas, pára as quais já deveria estar hoje em construção um aproveitamento no Douro. Esta previsão de crescimento da produção de serviço público está representada na fig. 2, onde se marcaram a traço cheio os valores registados até 1947 e a tracejado a exponencial da base 1,09, que passa pela produção deste último ano e que acompanha no andamento geral a marcha verificada desde 1927.

Para satisfazer esta necessidade, deverão estar saturadas as centrais hidráulicas cuja potência atrás se consignou e cuja produção em ano médio poderá calcular-se aproximadamente como segue:

Centrais existentes (produção de 1947 arredondada)		330 milhões kWh
Centrais novas:		
Castelo do Bode . . .	350	
Vila Nova	180	
Belver	140	
Pracana	20	
Távora (em estudo) . .	130	
Central não designada	140	960
Ampliações:		
Lindoso (por aumento de potência e regnlarização)	90	
Serra da Estrela (por aumento de potência e de regularização)	40	
Santa Luzia (por aumento de regularização	20	150
		1 440 milhões kWh
A abater a energia destinada a electroquímica nas novas centrais consideradas (Belver e Távora). .		140
Total dentro do diagrama industrial . .		1 300 milhões kWh

A verificar-se a cadência prevista, precisaremos portanto ter em serviço por volta de 1953-54, como já foi dito, a nova central não designada; se o ritmo de aumento se mostrar superior a 9 % (ou se o aproveitamento do Távora não vingar) haverá que antecipar a construção de outra nova fonte

hídrica ou que recorrer excepcionalmente a alguma produção térmica permanente, com prejuízo da reserva estival; mas talvez a hipótese se não verifique, pelo menos por grande diferença, pelas limitações de vária ordem que deverá haver até 1951 — falta de energia no norte e falta de energia e de boas tarifas no centro e no sul.

Se àquela produção de 1.300 milhões supusermos aplicada, por efeito de seca, a redução média de 30 % deduzida do quadro anterior, teremos necessidade de recorrer a uma produção térmica de 390 milhões da kWh, o que equivale a aproveitar a potência térmica existente com a utilização de 2.720 horas, valor perfeitamente possível e pouco superior ao verificado em Espanha em 1945.

É intuitivo que num ano que venha a apresentar-se muito seco se impõe o recurso à produção térmica assim que se apresentem os primeiros sintomas no decurso da primavera; e que o consumo de água das albufeiras deve logo restringir-se para que possa durar até Dezembro, sem prejuízo de limitação posterior mais apertada ainda. Para que isto se determine e se cumpra são precisas uma organização e uma disciplina bem mais severas do que as que entre nós têm existido até hoje.

Da forma como decorre o regime de interligação em Espanha (irmão quase gémeo do que vigora em Pertugal) tem-se talvez o direito de pensar que com um comando mais firme nos diagramas de carga dos centros produtores espanhóis se poderiam ter atenuado as duríssimas restrições de consumo feitas em 1945, e que tanto alarmaram o articulista do «Diário de Lisboa» citado no princípio deste trabalho.

Num ano muito seco, as previsões podem ser feitas com suficiente antecedência para que a potência térmica de apoio trabalhe 7 ou 8 meses; mas admitindo que houve alguma imprevidência ou algum excesso de optimismo que não permitiram às térmicas mais de 200 dias de trabalho (por exemplo, do princípio de Maio a meado de Novembro) ainda assim a situação não apresenta dificuldades graves. Produzir 390 milhões em 200 dias seria impor às térmicas uma utilização de 5.000 horas anuais ou 14,7 horas diárias (já contando com a produção dos domingos reduzida a metade), o que não tem nada de extraordinário quando se faz a base do diagrama geral e se trata de instalações de serviço intermitente em que há tempo, nos anos húmidos, para a revisão do material.

A fig. 3 apresenta dois diagramas de verão de 1947 no conjunto das redes públicas (uma quarta-feira de Junho e uma quarta-feira de Julho), segundo os elementos reunidos pela Direcção Geral dos Serviços Eléctricos e pela Secção de Produtores da Associação Industrial Portuguesa, mas as ordenadas estão multiplicadas por 2 para se ter uma imagem do diagrama de verão de

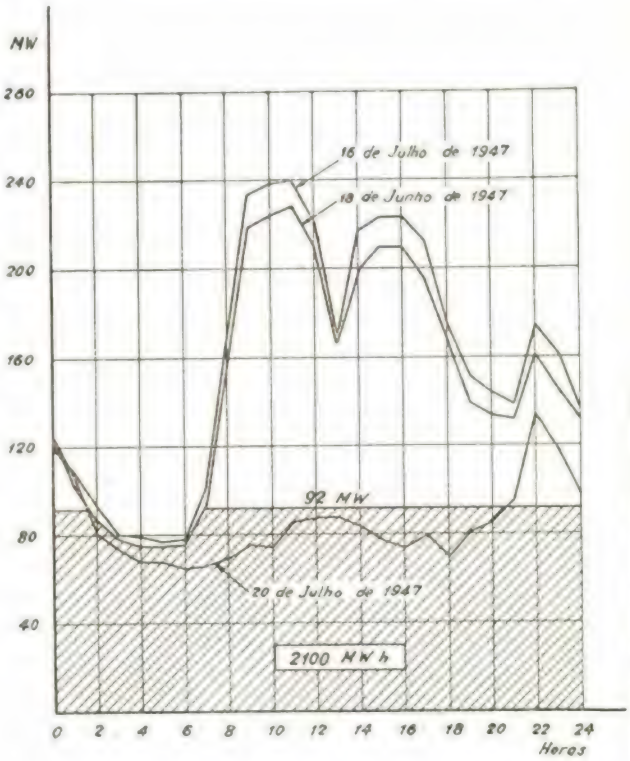


Fig. 3

1955, supondo que se não altera o seu factor de carga. A figura mostra que com a ponta de 92 MW é possível a produção térmica diária de 2.100 MWh, correspondentes às 14,7 horas de utilização dos 143 MW actualmente instalados, o que confirma que são possíveis as condições de funcionamento, dado que a ponta teórica não excede 65 %

da potência instalada. Ainda fica certa margem de reserva para avarias e irregularidades de marcha.

A curva inferior da mesma figura representa o diagrama de um domingo de Julho, em que é possível uma produção térmica bem superior a metade da que se conta nos dias úteis.

O diagrama que se exige das térmicas para a produção de 2.100 MWh diários é manisfestamente pesado; mas esta sensação de peso atenua-se quando se pensa que nos estamos supondo num ano de seca excepcional.

Deve ainda registar-se que o funcionamento da reserva térmica virá a fazer-se em condições mais favoráveis do que os números anteriores deixam prever. Em primeiro lugar, basta admitir o funcionamento durante 8 meses para a utilização diária baixar para 12,2 horas; em segundo lugar, a capacidade das albufeiras das duas maiores centrais em construção (Castelo do Bode e Vila Nova) vai permitir uma regularização interanual, a cuja ideia os produtores portugueses se devem desde já habituar.

Tem sido norma entre nós (porque não há outro recurso) esgotar em cada ano as albufeiras até à última gota, e parece que muitos consideram dever ser esta a regra normal por ser a que conduz ao máximo de receita. Mas a entrada em serviço das novas centrais regularizadas, ajudada com a conjugação das centrais a fio de água, vai permitir nos anos médios passar o verão sem necessidade de consumir toda a água; e o uso prudente das térmicas permitirá o mesmo em muitos dos anos secos. Tudo está em repartir os encargos equitativamente. Espera-se que tal política não faça subir a frequência da rede, na preocupação de antepor o interesse próprio ao geral — um jeito que o Art. 1.º do Instituto do Trabalho Nacional se propõe contrariar.

A consulta de alguns anos de estatística italiana mostra que a relação entre a soma dos volumes mínimos e a soma dos volumes máximos armazenados nas albufeiras em cada ano oscila naquele País à roda de 0,30.

Mostrado assim que não é de esperar uma situação difícil por falta de energia que o sistema termo-hidroeléctrico não possa fornecer se a construção hidráulica seguir o ritmo necessário, resta saber se alguma dificuldade poderá resultar da falta de potência para vencer a ponta, se faltar a água.

A resposta é abertamente negativa. Ficando nós com um sistema hídrico em que as maiores centrais têm regularização (Castelo do Bode, Vila Nova, Lindoso, Santa Luzia, Távora) a repartição de cargas, isto é, o comando dos diagramas a que atrás se faz referência, assegurará durante todo o ano (e é essa uma das suas funções) a potência necessária para garantir com folga a cobertura de todas as pontas, mesmo tendo em atenção que a potência de Castelo do Bode desce com o nível da água.

A ponta de carga do conjunto das redes públicas acusou em Dezembro de 1947 cerca de 144 MW que, para a produção de 653 MWh, representam 4.530 horas anuais. Este número é certamente superior à realidade por dois motivos: primeiro, porque o dia de que se conhece o diagrama pode não ter sido o de maior ponta; segundo, porque a ponta diz apenas respeito ao diagrama das principais empresas e a produção à totalidade dos produtores de serviço público.

Se aceitarmos, o que não andará longe da verdade, que a utilização do diagrama geral é da ordem de 4.000 horas (factor de carga 0,45), a produção de 1.300 milhões de kWh em 1955 exigirá uma ponta de inverno de 325 MW (de verão 250 MW) largamente coberta, mesmo tida em conta a reserva, com a potência hidráulica de 480 MW (já descontados 35 MW que se presumem afectos à electroquímica), mais se for preciso, 143 MW de potência térmica.

Se, em vez de tomarmos o período de 8 anos, como até aqui se considerou, tomarmos o de 10 e formos analisar o que se passará em 1957, acharemos que a produção de serviço público andará pelos 1.500 milhões (mais uns 300 para electroquímica), a potência hidráulica terá subido para cerca de 600 MW, a relação entre a potência térmica de apoio e a potência hidráulica andará por 0,24, a utilização das térmicas subirá, em caso de estiagem máxima, para 18 diárias durante 200 dias com a ponta de

105 MW — valores mais apertados que os precedentes mas ainda dentro dos limites possíveis.

Por tudo isto se tem a convicção de que se não houver estiagem mais grave que a de 1945 (que já foi excepcional) e se o crescimento da produção não exceder muito o valor médio atrás arbitrado de 9 %, a potência térmica actual é bastante para o apoio estival dentro dos próximos 9 ou 10 anos.

É de notar que a utilização da potência hidráulica em 1955, supostas as produções atrás indicadas, que talvez não pequem por defeito, será, em ano médio (515 MW e 1 440 milhões de kWh), de 2 780 horas, valor relativamente baixo que aconselha a estudar com prudência o coeficiente de sobreequipamento das centrais que deverão entrar em serviço em 1955-56. É preciso aproveitar as vantagens da interligação; por isso se entrou já com 3 000 horas nas contas relativas a 1957.

Resta acentuar que em tudo que se disse se considerou como um todo indivisível e solidário o sistema produtor português, tanto térmico como hidráulico. Esse pressuposto só é legítimo quando exista uma interligação eficaz que torne quase indiferente para o consumo a posição geográfica das centrais; e essa interligação está em marcha com a construção da rede de 150 kV, com condutores de alumínio-aço de 327 mm², onde a potência de transporte por cada linha simples atinge sem dificuldade 100 ou 120 MVA.

Conta-se que esta obra, de tão pesados encargos, reuna os principais sistemas produtores de Portugal em 1951; depois de encetada esta via e num País pequeno como o nosso, parece não haver cabimento para soluções regionais.

5 — A composição da reserva térmica

São em número de 9 as centrais térmicas de serviço particular com mais de 1.000 kW instalados, que totalizam os 20 MW que atrás se referem, o que dá a potência média, muito apreciável, de 2,2 MW. Já hoje algumas delas são centrais de reserva, mas devem passar a sê-lo todas amanhã, quando houver energia e tarifas que permitam aplicar sem violência a base VII da lei n.º 2:002, já anteriormente citada.

Deve procurar-se que estas centrais se mantenham sempre em condições de trabalho, porque representam um capital já imobilizado de que a colectividade deve poder aproveitar-se, dispensando-se de duplicar essa imobilização. Nos países do centro da Europa, onde o consumo se conta por biliões, não se desdenha, nas horas difíceis, o aproveitamento das pequenas centrais, algumas de potência bem inferior àquelas que aqui se consideram. É porém indispensável que em todas se preveja a possibilidade da marcha em paralelo sobre a rede pública com a sua plena potência, o que, ao que se presume, não deve ser hoje possível em algumas delas. Torna-se pois necessário dar a estas 9 centrais (e porventura a outras que o justifiquem) um carácter semi-público, impondo-lhes a obrigação de estarem sempre preparadas para a colaboração que lhes for pedida.

É porém, nas centrais de serviço público, com os seus 123 MW, que reside a grande base do apoio térmico. Estas, em número de 8, compreendem 2 de importância secundária totalizando 2,3 MW e 6 principais somando 120,7 MW. Sobre estas 6 centrais (Tejo, Santos, Cachofarra, Freixo, Massarelos e Caniços) recai a principal responsabilidade de satisfazer o consumo nos anos de chuva escassa; mas importa afirmar que, tal como hoje se encontram, elas não reunem condições para cumprirem o que delas se exige por três ordens de motivos:

1.ª — Em quase todas as centrais se verifica insuficiente reserva de caldeiras;
2.ª — Algum material deverá considerar-se velho e amortizado, aconselhando-se a sua substituição;
3.ª — Algumas das centrais não podem trabalhar a plena potência por insuficiência de órgãos auxiliares.

Julga-se indispensável corrigir estas faltas, sem o que será ilusório o apoio térmico

de que se poderá dispor. E se pensarmos que em qualquer obra de certo vulto não se pode contar com menos de 2 a 3 anos para prazo de fornecimento de materiais, a que é preciso adicionar o tempo de montagem, conclui-se que é urgente promover o melhoramento das centrais térmicas existentes.

Presume-se que não vale a pena explicar com muito pormenor a necessidade deste melhoramento. Numa central de serviço permanente, com um diagrama conhecido, em que há uma reserva de máquinas sempre imobilizada, pode não haver sobreequipamento de caldeiras e pode não se prever a marcha a plena potência de todos os grupos; mas numa central de apoio, em que a ponta exigida é uma incógnita, limitar a potência disponível porque rebentou um tubo de caldeira ou porque se economizaram uns acessórios parece desacertado. É mais barato instalar estes complementos do que uma central inteiramente nova.

A alguns parecerá porém melhor solução montar uma nova central do que fazer despesas a melhorar centrais antigas, seguindo critério muitas vezes adoptado, nomeadamente na Inglaterra há cerca de 20 anos. A vantagem do sistema seria indiscutível se entre nós se apresentasse o problema inglês de criar centrais de serviço permanente, em que a economia de carvão pesa todos os anos sobre mais de 3.000 horas de utilização da potência; mas para o serviço intermitente que no nosso caso se pretende, desprezar o que existe parece exagero com pouca defesa. Acresce que nenhuma das nossas centrais (pelo menos as de serviço público) apresenta tão baixo rendimento como a maioria das centrais inglesas desmontadas a seguir ao *Electricity Act* de 1926.

Os primores da técnica deverão deixar-se para a central a construir quando a potência actual for insuficiente; de então para o futuro deverá ser esta a primeira a entrar em serviço, e as outras irão passando gradualmente para a segunda linha, na medida em que os seus rendimentos o aconselharem.

6 — Conclusões

Do que fica exposto parece concluir-se:

1.º — Que a potência das actuais centrais térmicas acima de 1.000 kW é proporcionalmente superior, pelo menos até 1957, à potência térmica de apoio que existia na Espanha ou na Itália no passado período seco.

2.º — Que a estiagem de 1945 provocou uma redução na produção hidráulica da ordem de 30 % em relação ao que se teria produzido num ano de chuva média, não sendo provável que se verifique redução superior a esta.

3.º — Que esta redução aplicada ao ano de 1955, suposto o aumento de produção de 9 % ao ano a contar de 1947, implicará um apoio térmico de 390 milhões de kWh.

4.º — Que o diagrama da nossa rede em 1955 permitirá essa produção térmica de 390 milhões de kWh durante 200 dias com a ponta teórica de 92 MW, correpondente a 65 % da potência instalada. Em 1957 essa produção será de 450 milhões com a ponta de 105 MW (74 % da potência instalada).

5.º — Que não parece necessária a laboração de novas centrais térmicas antes de 1958, pelo que se reputa cedo para nos ocuparmos desse problema, dado que estamos ainda longe para fixarmos com alguma probabilidade de acerto a solução mais conveniente.

6.º — Que as centrais térmicas existentes, de potência igual ou superior a 1.000 kW, devem manter-se em condições de trabalharem à primeira voz, necessitando as centrais de serviço público de aumentar a potência de caldeiras, de modernizar algum material e de adaptar os seus serviços auxiliares para poderem trabalhar em plena carga com carácter permanente.

O PROBLEMA DA PRODUÇÃO HIDROELÉCTRICA NOS ANOS SECOS

PELO ENG.º AFONSO ZUZARTE DE MENDONÇA

C. D. 621.311.21 (469)

Tese apresentada ao 2.º Congresso Nacional de Engenharia

Uma das questões fundamentais a considerar num plano de electrificação nacional é a maneira de suprir as deficiências da produção hidroeléctrica nos anos secos.

Qual é o maior ou menor grau em que as diversas regiões do país são afectadas pelas secas?

Quais são as possibilidades de socorro hidroeléctrico da parte das zonas mais pluviosas?

Até que ponto é recomendável o apoio térmico nas diferentes zonas?

O problema deve ser encarado de frente e convenientemente estudado.

Não há dúvida de que a produção hidroeléctrica poderá ser fortemente afectada, nalguns anos secos, mesmo em aproveitamentos que disponham de albufeiras de grande capacidade, especialmente se o regime de exploração dessas albufeiras não for estabelecido de maneira prudente. É claro que se os caudais utilizados forem tais que, no início de um ano seco, a albufeira esteja vazia, será difícil impedir que falhe a produção. É conveniente, por isso, nas previsões de energia produtível não exagerar o valor do caudal contínuo que se considere utilizável, estabelecendo-se um regime de exploração tendente a garantir uma produção regular durante um período tão longo quanto possível, em face dos dados hidrométricos e udométricos de que se disponha. Convém que esse período abranja alguns anos secos. Um único ano seco não basta geralmente, pois que, se ele ficar compreendido entre dois anos bastante pluviosos, pode não ser grande a dificuldade a vencer.

O grande escolho são os biénios secos. Pode dar-se, porém, o caso de se tornar pràticamente impossível obter a quantidade de água necessária, em determinada albufeira, num outro ano, para assegurar a regularidade da respectiva produção, especialmente quando se trate de bacias não muito pluviosas. Interessa, por isso, estudar as possibilidades de auxílio proveniente de outros aproveitamentos ou o apoio térmico que se torne necessário.

Frequência dos anos secos. Período a abranger nos estudos hidrológicos. Coeficiente de escoamento anual. Aplicação da fórmula de Keller ao continente português.

O intervalo entre os anos secos é muito variável no nosso país. Assim, por exemplo, o ano de 1917-1918 foi extremamente seco, mas tanto o ano anterior como o seguinte foram muito pluviosos. O ano de 1920-1921 também foi seco, mas o ano seguinte apresentou uma pluviosidade normal. Só tornou a ocorrer um ano seco em 1928-1929, isto é, passados 8 anos. No intervalo, houve 7 anos consecutivos de chuvas abundantes (1921-1922 a 1927-1928). Como contra-partida ocorreram, pouco depois, 5 anos consecutivos de chuvas escassas (1930-1931 a 1934-1935), em que apenas o ano de 1932-1933 teve uma pluviosidade quase normal. Logo depois houve dois anos extremamente pluviosos: 1935-1936 e 1936-1937.

Observam-se, portanto, *séries de anos com abundantes chuvas, e séries de anos de escassa pluviosidade.*

Como exemplos de biénios secos citaremos: 1930-1932; 1933-1935; e 1943-1945, este último excepcionalmente seco.

Alegando a existência de ciclos climáticos, há quem considere conveniente que os estudos hidrológicos abranjam, pelo menos, 11 anos; e, sendo possível, 35 anos (ciclo de Bruckner).

A verdade, porém, é que se não verifica uma periodicidade bem definida na sucessão de anos secos e pluviosos. É curioso todavia notar que o biénio muito pluvioso 1935-1937 teve como contra-partida o biénio muito seco 1943-1945, dentro de um período de 10 anos.

Pràticamente pode estabelecer-se que o número de anos dos estudos hidrológicos não deverá ser inferior a 11, não esquecendo, porém, que se obterão indicações tanto mais seguras quanto maior for o período estudado. Sempre que seja possível, convém que este abranja cerca de 30 anos Os caudais utilizáveis devem ser especificados, pelo menos, mês a mês, em cada ano.

O regime do rio cuja energia se pretenda aproveitar deve ser estudado, na medida do possível, por meio de observações hidrométricas. Na falta destas, há que recorrer ao método pluviométrico, tendo de se resolver o delicado problema de determinar, para cada ano, o coeficiente de escoamento ou o deficit de escoamento.

Os métodos mais conhecidos, para este fim, são o de Coutagne e o de Keller.

Coutagne admite que a parte da chuva que se escoa, em cada ano, é proporcional ao quadrado da altura da precipitação.

Designando por H a altura de chuva anual, numa dada bacia, e por H_e a chuva eficaz, isto é, a que aproveita ao escoamento anual, será $H_e = K H^2$, em que K é uma constante, para cada região, que em França apresenta valores próximos de 0,50 (sendo H expresso em metros).

Assim, para uma precipitação anual $H = 1^m,00$ seria $H_e = 0^m,500$.

A parte da altura de chuva que não se escoa, devido à evaporação (pois aquela que se infiltra não se perde para o escoamento durante o ano) chama-se «deficit de escoamento» ou «perda de precipitação». Representá-la-emos pela letra D.

Temos, pois, $D = H - H_e$; mas como $H_e = K H^2$, vem $D = H - K H^2$.

A lei da variação do deficit de escoamento em função da altura de chuva é definida, portanto, segundo Coutagne, por uma parábola, com o eixo de simetria paralelo ao eixo dos DD e que é tangente, na origem das coordenadas, à bissectriz dos eixos coordenados (Vide «La Téchnique Moderne, 15 de Julho e 1 de Agosto de 1934, artigo de Coutagne, o qual se encontra resumido no Boletim da Ordem dos Engenheiros, de Maio de 1939).

O coeficiente de escoamento, ou seja a razão $\frac{He}{H}$ da altura de chuva eficaz para a precipitação, é dado pela seguinte expressão $r = \frac{D - H}{H}$. Substituindo D pelo seu valor $D = H - K H^2$, obtém-se $r = K H$.

Por conseguinte, Coutagne admite que o coeficiente de escoamento é proporcional à altura de chuva.

Esta expressão, todavia, não dá resultados satisfatórios, nem para alturas de chuva muito grandes, nem para alturas de chuva muito pequenas, conduzindo a valores excessivos do coeficiente de escoamento, tanto num caso como no outro.

Não é, pois, aconselhável o seu emprego no nosso país, onde as precipitações variam entre largos limites.

Resultados mais aceitáveis são os obtidos pelo emprego da fórmula de Keller, onde, como veremos, o coeficiente de escoamento varia com a precipitação segundo uma lei hiperbólica.

Designando, como anteriormente, por H a altura de chuva anual e por H_e a altura de chuva eficaz, a fórmula de Keller pode escrever-se da seguinte maneira:

$$H_e = a H - b$$

em que *a* e *b* são constantes para cada região.

Os valores a adoptar na Europa Central para a constante *a* oscilam entre 0,884 para as bacias de planície, e a unidade para as

bacias de montanha. O seu valor médio é 0,942.

Os valores a adoptar para a constante *b* variam entre 470 mm para as bacias de planície e 350 mm para as bacias de montanha. O seu valor médio é 405 mm.

H e H_e são expressos em milímetros.

É fácil verificar que a fórmula de Keller conduz a uma lei linear para o deficit de escoamento.

Com efeito, substituido H_e por H — D, temos

$$H - D = a H - b$$

donde se tira

$$D = (1 - a) H + b$$

Esta maneira de escrever a fórmula de Keller é a geralmente adoptada pelos autores ingleses.

A expressão do coeficiente de escoamento obtém-se da primeira expressão que demos para esta fórmula dividindo ambos os membros por H, temos assim:

$$r = a - \frac{b}{H}$$

que é outra maneira como aparece, nalguns tratados, a fórmula de Keller. O coeficiente de escoamento é assim definido pela equação de uma hipérbole equilátera, em que uma das assíntotas é o eixo dos rr (parte negativa) e a outra uma paralela ao eixo dos HH, a uma distância deste dada pelo valor do coeficiente *a*, que representa o limite para que tende o coeficiente de escoamento quando H aumenta indefinidamente. A constante *a* representa, portanto, o limite máximo do coeficiente de escoamento. A constante *b* representa o valor que teria o deficit de escoamento para H = o.

É curioso notar que para $H = \frac{b}{a}$, o coeficiente de escoamento seria nulo.

Considerando os valores de *a* e *b* correspondentes a bacias de planície, teríamos $H = \frac{460}{0,884} = 520$ mm.

Ora, no nosso país, uma precipitação anual de 520 mm produz escoamento, mesmo no Alentejo. Em vez de chuvas igualmente distribuídas durante o ano, têmo-las concentradas em grande parte no inverno, o que é favorável ao escoamento. Por outro lado, a temperatura média anual é mais elevada, o que aumenta a perda por evaporação.

Os valores das constantes da fórmula de Keller têm, pois, de ser convenientemente modificados, para que ela possa ser aplicada ao nosso país.

Num estudo que fizemos sobre o coeficiente de escoamento anual da bacia do Mondego, chegamos à seguinte expressão: $r = 0,741 - \frac{0,^{m}305}{H}$, sendo H expresso em metros, expressão que é do tipo da fórmula de Keller, em que *a* toma o valor 0,741, em vez de 0,942, e *b* o valor 305 mm em vez de 405 mm.

Deduzimos esta fórmula mediante o conhecimento das alturas médias de chuva anual, na bacia do Mondego, a montante de Coimbra, relativas aos anos de 1925-1926 a 1937-1938, determinadas pela Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola, e dos respectivos coeficientes de escoamento anuais, que a mesma Junta calculou, por meio do registo das observações efectuadas pela Direcção Hidráulica do Mondego, na escala da ponte de Santa Clara, em Coimbra.

Esta fórmula dá um valor médio para os coeficientes de escoamento anuais, relativos aos mencionados 13 anos, que se ajusta perfeitamente ao valor médio determinado por meio das observações hidrométricas, o qual foi 0,493.

Quanto aos coeficientes relativos a anos isolados, as diferenças são apenas de centésimos, na grande maioria dos casos, havendo apenas 3 anos em que excedem um décimo.

É de notar que o valor 0,741 que obtivemos para a constante *a* da fórmula de Keller, para a bacia do Mondego, é muito mais baixo que o determinado na Alemanha e nas Ilhas Britânicas (0,94) e ainda inferior ao obtido na parte oriental dos Estados Unidos (0,80).

O valor 305 mm da constante *b* é muito menor que os obtidos na Alemanha e nos

Estados Unidos (405 mm e 419 mm), aproximando-se mais do adoptado nas Ilhas Britânicas (14 polegadas, ou sejam 355,6 mm).

É claro que a aplicação da fórmula de Keller a outras bacias hidrográficas do país exigiria nova determinação das constantes, em presença de um número suficiente de dados de observação.

Indicamos a seguir os valores do coeficiente de escoamento a que conduz a fórmula que deduzimos para a bacia do Mondego, observando que o menor valor de H, no período considerado, foi $0,^{m}8853$. Calculamos também valores correspondentes a precipitações menores, a fim de mostrar a rápida variação do coeficiente de escoamento para os baixos valores de H.

Precipitação anual H	Coeficientes de escoamento r
$2,^{m}000$	0,589
$1,^{m}600$	0,550
$1,^{m}200$	0,487
$1,^{m}000$	0,436
$0,^{m}900$	0,402
$0,^{m}800$	0,360
$0,^{m}700$	0,305
$0,^{m}600$	0,233
$0,^{m}500$	0,131
$0,^{m}450$	0,063

Vê-se que a diminuição do coeficiente de escoamento se vai acentuando à medida que H decresce, tornando-se muito rápida abaixo de $H = 0,^{m}600$.

É de notar que para $H = \frac{0,305}{0,741} = 0,^{m}412$, o coeficiente de escoamento seria nulo.

Quer dizer: uma altura média de chuva anual de $0,^{m}412$, na bacia do Mondego, não produziria escoamento algum.

Pluviosidade média de diferentes regiões do País. Traçado da isoieta de 1.000 mm ao norte do Tejo. Zonas de pluviosidade superior a 1.500 mm.

Os melhores aproveitamentos hidroeléctricos são os estabelecidos em bacias de pluviosidade média anual superior a 1.000 mm. Convém, por isso, conhecer o traçado da isoieta de 1.000 na carta pluviométrica de Portugal, publicada em 1943, pelo Observatório do Infante D. Luís, da Universidade de Lisboa, referente aos anos de 1901 a 1930.

O contorno desta isoieta que mais interessa é o situado ao norte do Tejo, o qual se pode definir, a traços largos, da maneira seguinte:

a) *do lado sul* — a partir de um ponto situado cinco quilómetros ao norte de Rio Maior, dirige-se para nordeste, conservando-se sensìvelmente paralelo ao curso do Tejo, passa ao norte de Tomar, onde se inflecte para leste, na direcção de Vila de Rei, em cujas proximidades corta o Zêzere, toma de novo a direcção nordeste, segue a cumeada da serra da Guardunha, que limita pelo sul a bacia do Zêzere, e continua pela orla desta bacia até encontrar a fronteira perto de Penamacor;

b) *do lado oriental* — parte da fronteira, próximo de Vilar Maior, dirigindo-se para oeste, passa ao norte da Guarda e atinge o Mondego a leste de Senhorim, inflecte para nordeste na direcção de Castendo e depois para leste até às proximidades de Trancoso, onde toma a direcção norte até Moreira do Rei; volta para noroeste dirigindo-se a Lamego, em cujas proximidades corta o rio Douro; inflecte depois para nordeste cortando o Corgo ao sul de Vila Real, segue pela cumeada da serra de Padrela, volta para noroeste cortando o Tâmega próximo de Vidago e dirige-se depois para o norte até à fronteira;

c) *do lado ocidental* — parte da linha da costa, nas proximidades de Ovar, dirigindo-se para sueste, atravessa o Mondego, perto de Coimbra, inflecte para sudoeste, em direcção a Leiria, onde passa, assim como nas proximidades de Alcobaça, torneja depois até tomar a direcção leste para atingir o ponto inicial, ao norte de Rio Maior.

No norte do país há ainda uma pequena zona, nas cabeceiras dos rios Sabor, Tuela e Rabaçal, com precipitação superior a 1.000 mm.

Ao sul do Tejo há apenas 3 zonas envolvidas pela isoieta de 1 000 mm, mas de área muito restrita: duas nas proximidades de

Évora (serra de Monfurado e Viana do Alentejo); e uma na serra de Monchique.

É também de grande interesse conhecer a situação das zonas de pluviosidade superior a 1.500^{mm}, que sòmente se encontram ao norte do Tejo.

Na parte central do país há uma estreita zona com pluviosidade superior a 1.500^{mm}, que se estende na direcção NE-SW, ao longo das serras da Estrela, Lousã e Sicó, e do Maciço de Porto Mós. Dentro dela, próximo do seu extremo nordeste, nota-se uma pequena mancha, que envolve a Covilhã, Loriga, Manteigas e Valhelhas, cuja pluviosidade é superior a 2·000^{mm}.

Ao sul do rio Douro há ainda uma zona de pluviosidade superior a 1.500^{mm}, que abranje as serras da Arada e do Caramulo, cujo contorno passa próximo de Santa Comba-Dão, Albergaria-a-Velha, Feira, Sinfães, Aguiar da Beira e Viseu, mas que não abranje esta cidade. Dentro desta zona há duas pequenas manchas de pluviosidade superior a 2.000^{mm}, uma na serra da Arada e outra na serra do Caramulo.

A região mais pluviosa do país fica ao norte do Douro, abranjendo o Minho, parte do Douro Litoral e parte do distrito de Vila Real.

Há nela duas zonas de pluviosidade superior a 1.500^{mm}. A mais importante é a do Minho, que se estende para sul até aos arredores do Porto, e para leste até às proximidades do Tâmega, no seu curso médio e inferior, atingindo a fronteira próximo de Montalegre. Há nesta zona duas manchas de pluviosidade superior a 2.500^{mm}, uma na serra da Peneda e outra na serra do Gerez.

A outra zona de pluviosidade superior a 1.500^{mm}, situada ao norte do rio Douro, alonga-se entre os rios Tâmega e Corgo até aos arredores de Vila Pouca de Aguiar.

Anos muito secos de 1943-1944 e 1944-1945. Decréscimo de pluviosidade observado nestes anos. Necessidade de aproveitar ao máximo os recursos hidráulicos do Noroeste. Conveniência de facilitar o desenvolvimento da termo-electricidade ao sul do Tejo.

Temos tratado até aqui sòmente da pluviosidade média de diferentes regiões do país.

Todavia, para o delineamento de um plano geral de aproveitamentos hidroeléctricos, não basta conhecer as pluviosidades médias. É indispensável saber até que ponto as diversas regiões são afectadas pelas secas.

É pois de grande interesse o conhecimento da distribuição das chuvas nos anos muito secos de 1943-1944 e 1944-1945.

Os mapas das chuvas desses dois anos publicados pela Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, no seu Anuário, mostram o seguinte, quando comparados com a carta pluviométrica do Observatório do Infante D. Luís:

No ano de 1943-1944:

Ao norte do Tejo, a isoieta de 1 000 mm de precipitação normal é substituída pela de 500 mm, com ligeiras diferenças de traçado. Houve, portanto, um decréscimo de pluviosidade de 500 mm, no respectivo contorno. Nas zonas mais pluviosas, o decréscimo ainda foi maior, chegando a atingir 700 mm. Assim, na zona das serras da Estrela e da Lousã, a isoieta de 1.500 mm de precipitação normal cedeu o lugar à de 800 mm. As maiores pluviosidades desta zona deram-se na serra da Lousã, ficando compreendidas entre 1.300 e 1.400 mm. Na serra da Estrela foram um pouco menores (não atingiram 1.300 mm).

Na zona da serra da Arada e do Caramulo houve também um decréscimo de pluviosidade da ordem dos 500 a 700 mm. Assim a isoieta de 1.500 mm de precipitação normal foi substituída aproximadamente pela de 1.000 mm, separando-se, porém, as manchas correspondentes ao Caramulo e à Arada, deixando entre elas, ao longo do Vouga, uma faixa de menor pluviosidade.

A zona do Noroeste foi a menos afectada pela seca de 1943-1944. Predominaram nela as precipitações superiores a 1.000 mm, notando se algumas manchas com mais de 1.500 mm e uma pequena mancha de pluviosidade superior a 2.000 mm.

Ao sul do Tejo a pluviosidade ficou geralmente compreendida entre 300 e 500 mm.

Houve apenas 3 manchas em que as precipitações excederam 500 mm: uma que abrangeu Portalegre e Niza, passando para o norte do Tejo nas proximidades de Abrantes; outra que abrangeu Vendas Novas e Alcáçovas; e outra correspondente à serra de Monchique, onde a precipitação excedeu 700 mm.

No ano de 1944-1945:

A diminuição de pluviosidade foi ainda mais acentuada que no ano anterior.

A isoieta de 500 mm deslocou-se mais para o norte, não abrangendo latitudes inferiores à das Caldas da Rainha; a zona por ela envolvida estreitou deixando de abranger Coimbra, Guarda, Murça, Valpaços, Vinhais e Bragança. Acusaram pluviosidade inferior a 500 mm: grande parte da vertente esquerda do Zêzere, quase toda a bacia do Ocreza, toda a bacia do Côa, parte da bacia do Mondego, a maior parte das bacias do Sabor e do Tua.

Na região das serras da Estrela e Lousã, a zona abrangida no ano anterior pela isoieta de 800 mm fraccionou-se em pequenas manchas. O mesmo sucedeu, embora menos acentuadamente nas serras do Caramulo e da Arada e, de maneira ainda menos acentuada, na zona do Noroeste, que constitui, por assim dizer, o «último reduto» da produção hidroeléctrica durante as secas.

Com pluviosidade superior a 1.000 mm notaram-se manchas muito pequenas nas serras da Estrela, Lousã, Caramulo, Arada e Alvão. Apenas no Minho se observou uma zona, com apreciável desenvolvimento, de pluviosidade superior a 1.000 mm, a qual incluiu três pequenas manchas com mais de 1.500 mm de precipitação, e duas muito reduzidas com mais de 2.000 mm.

Ao sul do Tejo, a pluviosidade foi, em grande extensão, inferior a 300 mm; mesmo algumas pequenas zonas, menos atingidas, acusaram pouco mais de 400 mm.

Por conseguinte, no ano de 1944-1945, o escoamento superficial deve ter sido pràticamente nulo, não só na parte do país situada ao sul do Tejo, mas também em cerca de metade da que fica ao norte deste rio.

Em vista do decrescimento rápido do coeficiente de escoamento anual abaixo de H = 600 mm, uma redução de 300 mm na precipitação anual, numa região cuja pluviosidade média seja de 600 mm, é muito mais grave que a redução de 600 mm numa região cuja precipitação média seja de 1.200 mm, pois que, no primeiro caso, o escoamento superficial tornar-se-ía pràticamente nulo, ao passo que, no segundo caso, ficaria reduzido aproximadamente á quarta parte.

Note-se como são diferentes os recursos hidráulicos do norte e do sul do Tejo, e como difere o efeito das secas numa e noutra região!

Ao norte do Tejo (excluído o nordeste) encontra-se o clima mais apropriado à hidroelectricidade; ao sul esta não pode desenvolver-se sem apoio térmico, indispensável para suprir as deficiências da produção por via hidráulica e, além disso, para cooperar com ela no sentido de permitir uma utilização mais completa dos recursos disponíveis em cada aproveitamento, com manifesta vantagem da sua economia.

Os recursos hidráulicos do Noroeste devem ser utilizados ao máximo com a possível urgência, incluindo os que dizem respeito ao Tâmega e ao Paiva.

O estudo pormenorizado da energia hidroeléctrica que será possível produzir nos anos secos é de grande importância, pois permitirá determinar a percentagem em que a produção termoeléctrica deve concorrer para a electrificação do país.

Convém, por conseguinte, que os serviços oficiais procedam a esse estudo com o necessário pormenor.

CONCLUSOES

1.ª — O estudo das possibilidades de produção hidroeléctrica no país, durante os anos secos, é de grande importância, não só para determinar a percentagem em que a produção termoeléctrica deverá concorrer para a electrificação, mas também para avaliar os transportes de energia que então se tornem necessários. Convém que os ser-

viços oficiais procedam a esse estudo com o necessário pormenor.

2.ª — Os recursos hidráulicos do Noroeste, incluindo os que dizem respeito às bacias do Tâmega e do Paiva, devem ser aproveitados ao máximo, com a possível urgência, por se tratar da região do país menos atingida pelas secas.

3.ª — Nos aproveitamentos que disponham de grandes albufeiras, convém não exagerar o valor a atribuir ao caudal contínuo utilizável, estabelecendo-se um regime de exploração tendente a garantir uma produção regular durante um período tão longo quanto possível, que deverá abranger alguns anos secos.

A FOTOGRAMETRIA PERANTE AS OBRAS DE FOMENTO NO PAÍS

PELO ENG.º (I. S. T.) CARVALHO XEREZ

C. D. 526.9 : 778 : 62 (469)

Comunicação apresentada ao 2.º Congresso Nacional de Engenharia

Todas as obras de engenharia, da mais simples à mais vasta, têm por base um levantamento topográfico e daí resulta a importante e indispensável contribuição que a topografia presta aos trabalhos de obras públicas e consequentemente ao fomento do País.

Os primeiros trabalhos importantes de engenharia realizados em Portugal consistiram, principalmente, na construção de vias de comunicação (estradas e caminhos de ferro) e para o seu estudo e traçado no terreno recorria-se aos conhecidos métodos clássicos da topografia. Outros trabalhos menos importantes exigiam levantamentos de extensão limitada, onde aqueles métodos eram de fácil utilização pelos topógrafos que, individualmente, se dedicavam a essa tarefa. As condições exigidas na execução dos levantamentos eram, nessa primeira fase de obras de engenharia, compatíveis com a aplicação dos métodos referidos.

Com o desenvolvimento das obras públicas, verificado nos últimos vinte anos, as quais se estenderam em especial a resolver problemas de grande vulto no campo da urbanização, da hidráulica, do povoamento florestal, etc. surgiu a necessidade da realização de extensos levantamentos em curto espaço de tempo.

Essa necessidade era já incompatível com as condições em que até então se procedia à preparação dos levantamentos pelos métodos clássicos, mesmo que se ampliassem as organizações de topógrafos encarregados dessa preparação, o que não era fácil dado o número limitado de técnicos convenientemente habilitados.

Felizmente, estava-se precisamente no momento em que a fotogrametria começava a dar as suas provas, no estrangeiro, quanto à possibilidade de se tornar um valioso auxiliar do engenheiro na execução de levantamentos.

Não passou isso despercebido dos técnicos portugueses e foi assim que, há uma vintena de anos, se introduziu, nos serviços do Ministério da Agricultura, a fotogrametria pelo método de transformação aplicado ao traçado da planimetria de terrenos sensìvelmente planos, completado por nivelamento clássico, para fins de obras hidráulicas de irrigação e enxugo.

Seguiu-se a aplicação do método de estereorestituição, que permite o traçado das curvas a par do dos pormenores planimétricos, a qual foi iniciada no Instituto Geográfico e Cadastral em cartas cadastrais, e continuada, em regime industrial, pela Sociedade Portuguesa de Levantamentos Aéreos num levantamento de grande extensão para fins de urbanização.

Ficou assim demonstrado o interesse dos métodos fotogramétricos que, com rapidez e precisão, permitiriam satisfazer todas as exigências dos projectos de engenharia, conforme se verificou, concretamente, nos últimos quinze anos, desde a data em que foi elaborado o referido levantamento destinado ao plano de urbanização da Costa do Sol.

Vamos passar, sucintamente, em revista os vários trabalhos de engenharia em Portugal onde a Fotogrametria tem prestado a sua colaboração, analisando, em cada caso, as condições particulares dessa colaboração, e assim julgamos versar o aspecto técnico de um problema que interessa ao fomento do País. Apresentaremos ainda as possibilidades que, no futuro, estão reservadas aos métodos fotogramétricos no sentido do desenvolvimento dos grandes planos de fomento.

A construção de barragens

Nos estudos e na realização do vasto plano de aproveitamentos hidráulicos (hidro-eléctricos e hidro-agrícolas) intervém, como problema de engenharia mais importante para regularização do irregular regime de caudais dos nossos rios. O primeiro elemento a obter para a elaboração daquele projecto é constituído por uma rigorosa planta do local da implantação da barragem, permitindo ao geólogo e ao engenheiro civil o exame consciencioso do terreno nos seus aspectos geológico e topográfico, sem o que não é possível traçar as formas da barragem que melhor se adaptem ao terreno em relação a ambos aqueles aspectos.

Ora, os locais de implantação de barragens são, em geral, dificilmente acessíveis em muitos pontos e de uma irregularidade topográfica tal que não é possível, por intermédio dos métodos clássicos de levantamento com as suas curvas de nível arredondadas e traçadas a sentimento entre um número muito limitado de pontos de cota determinada no terreno, dar satisfação às necessidades do engenheiro e do geólogo, que têm de orientar-se no terreno pelo traçado das curvas de nível e deduzir deste a direcção das linhas de fractura, diaclases e outros acidentes.

Só a fotogrametria, com os seus métodos de estereorestituição, consegue traçar curvas de nível representando fielmente todos aqueles acidentes do terreno, visto que essas curvas são um conjunto contínuo de pontos, todos restituídos com a mesma precisão. A precisão exigível e essas curvas de nível levaria a, no caso da fotogrametria aérea, adoptar pequena altura de voo acima do terreno, o que torna bastante difícil e perigoso, dando também origem a inevitáveis arrastamentos das imagens que afectam a precisão da restituição. Por outro lado, as grandes diferenças de nível do terreno dentro do mesmo par de fotografias dificultam bastante o trabalho de orientação nos aparelhos restituidores, agravando ainda mais a referida precisão.

Por estas razões deve preferir-se a fotogrametria terrestre à aérea, conforme já foi concretamente confirmado através de uma experiência de levantamento no rio Zêzere com fotografias aéreas.

A fotogrametria terrestre tem sido, por isso, aplicada no levantamento dos locais de barragens, com aparelhagem Wild, adoptando-se os métodos conhecidos, com especial cuidado na escolha das bases fotogramétricas e posição das fotografias para evitar lacunas devidas a vales secundários e dobras do terreno. São dezoito os locais até agora objecto de levantamento, nos rios Tejo, Zêzere, Guadiana, Douro, Paiva, Côa, Cávado, Rabagão, somando uma área total de cerca de 500 Ha, em escalas de 1:500 e 1:250.

A sinalização dos pontos fotogramétricos foi feita, geralmente, por meio de cruzes pintadas a cal sobre o terreno, as quais ficaram referenciadas com marcas de bronze, para, posteriormente, serem utilizadas na implantação das obras. A determinação das coordenadas daqueles pontos foi conduzida com grande cuidado, medindo-se a base da triangulação topográfica com os mesmos meios de medição das bases fotogramétricas.

A relação entre a distância a que se efectua a restituição e o comprimento da respectiva base fotogramétrica é em geral pequena, visto tratar-se de fotografias obtidas de uma encosta para a outra, condição que conduz a uma elevada precisão no traçado das curvas de nível, conforme já dissemos ser de desejar. Os erros médios de altitude são da ordem de $\pm$ 10 cm.

PORTO DE PONTA DELGADA

MOLHE SALAZAR

E

PORTOS DE ACOSTAGEM

PORTO DE PORTIMÃO

CAIS

PORTO DE VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO

ZONA NORTE DO CAIS

Os planos de urbanização das cidades e vilas

Pelo Ministério das Obras Públicas está a ser estudado e já em curso de realização um importante plano de obras nas cidades e vilas do País, que compreende o estabelecimento de redes de águas, esgotos, energia eléctrica e também o traçado de novos arruamentos e correcções em antigos, tudo de harmonia com planos de urbanização convenientemente elaborados.

Para base destes planos era necessária a preparação de cartas, em escalas de 1:1.000 e 1:2.000, conforme a importância do aglomerado urbano, e, por isso, foi resolvido, em 1938, promover a realização desses trabalhos por métodos fotogramétricos, através das empresas de fotogrametria, pois era este o único meio de, ràpidamente, se obterem os elementos indispensáveis ao início dos estudos.

No momento em que foi tomada esta decisão, estava em estudo a possibilidade da utilização da estereofotogrametria aérea em levantamentos urbanos na escala de 1:1.000, mas não tinha sido aceite essa utilização em países como a França e a Suíça, visto que as condições de precisão exigidas eram tais que só os métodos clássicos, com medição de distâncias por processos rigorosos, permitiam atingir a desejada precisão.

No nosso País considerou-se este problema de modo mais objectivo, e depois de se verificar que as referidas condições de precisão eram bastante exageradas em relação com o fim utilitário das cartas, foi resolvido estabelecer um caderno de encargos que, satisfazendo inteiramente este fim, permitisse admitir, com segurança, a possibilidade de aplicação da fotogrametria a levantamentos urbanos na escala 1:1.000.

Além do exposto, era necessário remover as dificuldades resultantes de as casas serem definidas nas fotografias pelos beirais, ao passo que nas plantas devem ser representadas pelas linhas de fundação, e ainda de certos pormenores, situados especialmente nos interiores e nos quintais, não serem perfeitamente visíveis e identificáveis nas fotografias, dando lugar a más interpretações. Estas dificuldades não prejudicam o valor da fotogrametria, obrigando apenas a um cuidadoso trabalho de revisão e completagem no terreno, após a restituição.

Embora se tivessem resolvido todos os problemas que poderiam impedir a aplicação da fotogrametria, isso não significa que a aplicação fosse fácil, mas, ao contrário, ela exigiu particulares cuidados de execução.

Assim, o voo fotogramétrico foi efectuado a pequena altura acima do terreno (750 metros para a escala 1:1.000), com máquinas de média distância focal (Wild de 165 mm.), de chapas, para se obter um pequeno coeficiente de ampliação da fotografia para a planta. A utilização de chapas, que são objecto de uma preparação cuidada, foi uma garantia da precisão a atingir. A época de voo foi sempre escolhida de modo a evitar a vegetação, fotografando-se à hora em que as sombras são menores.

Os pontos fotogramétricos não necessitaram de sinalização especial, visto que foi sempre possível encontrar pormenores no terreno perfeitamente identificáveis nas fotografias; a determinação das coordenadas foi feita com particular cuidado, estabelecendo-se uma triangulação topográfica de apoio compensada, com medição de base, e uma rede de nivelamento geométrico, de precisão média, a qual permitiu também dar cotas nos arruamentos para efeito dos projectos das redes de água e de esgotos.

A restituição dos pares de fotografias foi efectuada em aparelhos de precisão (autógrafos Wild), apoiando-se a orientação em 4 pontos fotogramétricos situados nos cantos e ainda num quinto ponto no centro, apenas conhecido em cota, a fim de se evitarem perigosas deformações do modelo óptico que dão lugar ao aparecimento de erros sistemáticos.

São estas as principais normas que regularam o levantamento, em vias de conclusão, de cerca de 370 cidades e vilas, com uma área aproximada de 90.000 hectares, incluindo as cidades de Luanda, Lourenço Marques e outras na colónia de Moçambique.

Sobre este trabalho incidiu uma contínua e apertada verificação por parte do Ministério das Obras Públicas, que, para esse fim, criou um organismo especial, a Comissão de

Fiscalização dos Levantamentos Topográficos Urbanos, e os resultados dessa verificação têm mostrado que a fotogrametria satisfez às exigências do caderno de encargos.

Foi assim possível num prazo relativamente curto, cerca de 8 anos, obter as cartas que já estão a ser utilizadas por arquitectos e engenheiros na preparação dos projectos e na construção das obras relativas a um dos mais vastos e úteis planos de obras públicas últimamente empreendidos.

Pode mesmo afirmar-se que se trata do maior plano de levantamentos urbanos em grande escala, mundialmente realizado por estereofotogrametria aérea, e que teve o extraordinário valor de ter sido produzido durante o período da guerra.

Finalmente, resta fazer referência a um elemento valioso que a fotogrametria pode pôr à disposição dos urbanistas, conhecido pela designação de fotoplano. Trata-se da reunião das fotografias depois de transformadas e levadas à escala desejada, operação que neste caso é fácil de realizar com o auxílio das cartas.

O fotoplano permite utilizar, nos estudos de urbanização, o grande poder descritivo das fotografias, e constitui, portanto, um complemento indispensável da carta.

O cadastro da propriedade

As operações de cadastro, referentes à delimitação dos prédios e culturas e sua representação nas cartas, têm, através dos métodos fotogramétricos, uma facilidade de realização tal que, aliada à rapidez de aplicação daqueles métodos, está a ser, actualmente, encarada a hipótese de se executar por fotogrametria aérea todo o cadastro geométrico do País.

Já o Instituto Geográfico e Cadastral procedeu a experiências concludentes nesse campo, não se apresentando qualquer dificuldade que modifique aquelas ideias.

Trata-se, no aspecto topográfico, de um levantamento do tipo corrente, em escalas de 1:2.000, e 1:10.000, em que as normas de trabalho de voo, determinação dos pontos fotogramétricos e restituição deverão ser criteriosamente fixadas de harmonia com as condições de precisão exigidas.

Nas operações de cadastro pròpriamente ditas utilizar-se-à o grande poder descritivo das fotografias, que permite identificar, e registar em fotografias ampliadas, a maioria dos limites de propriedade e de cultura, procedendo-se, em relação aos restantes, a um trabalho de medição de distâncias para seu apoio nos limites identificáveis. As referidas provas ampliadas constituirão um índice de todos os elementos do reconhecimento cadastral, que deverão ser indicados nas cartas durante as operações de restituição e de desenho.

Se bem que a carta cadastral não interesse directamente aos trabalhos de engenharia, ela servirá de base à carta geral de fomento, em escala média, de tão grande utilidade nos vários planos de obras públicas.

As obras hidráulicas

Os vastos planos de obras hidráulicas, em especial de natureza hidro-eléctrica e hidro-agrícola, exigem extensos levantamentos das zonas inundadas pelas albufeiras e também daqueles onde vai proceder-se à rega e enxugo de terrenos.

É ainda a fotogrametria aérea que permite executar esses levantamentos com a rapidez requerida e introduzir-lhes fàcilmente todos os necessários elementos relativos ao reconhecimento cadastral, de harmonia com as normas atrás expostas.

No levantamento das zonas de albufeiras, efectua-se o voo ao longo do vale principal e dos afluentes, podendo deixar-se os menos importantes para a execução pelos métodos clássicos.

Nas zonas para rega e enxugo, pode conjugar-se o método de transformação com o nivelamento clássico, visto tratar-se de regiões sensìvelmente planas.

São estas as regras que têm orientado a execução de levantamentos fotogramétricos para o Ministério das Obras Públicas e também para empresas produtoras de energia hidro-eléctrica.

No campo das obras portuárias foram executados extensos levantamentos para o

Porto de Lisboa, ao longo das margens do estuário do Tejo, com preparação de correspondentes fotoplanos.

O povoamento florestal

Simultâneamente com o plano de obras hidráulicas, está o Ministério da Economia a desenvolver um importante plano de povoamento de grandes zonas das nossas serras.

Esses perímetros florestais terão de ser, primeiramente, objecto de levantamentos, em escala de 1:5.000, trabalho que só poderá ser executado por fotogrametria como bem o compreenderam os Serviços Florestais.

A alguns desses perímetros, nas serras da Estrela e da Louzã, já foi aplicada a fotogrametria terrestre, mas agora está a empregar-se exclusivamente a fotogrametria aérea, visto se ter verificado que o primeiro método é neste caso muito mais moroso e dá origem a bastantes lacunas.

A carta militar

Embora esta carta seja destinada a fins militares, vamos fazer-lhe aqui referência, visto que pela sua escala, 1:25.000, ela constitui um importante auxiliar para o estudo dos planos gerais de obras de engenharia.

O levantamento da carta militar foi até 1937 efectuado por processos clássicos, por meio da prancheta, com rendimento deficiente, resolvendo, nessa altura, os Serviços Cartográficos do Exército, abandonar aqueles processos, para passar à utilização da fotogrametria aérea.

Iniciou-se então uma nova época de trabalho, durante a qual se produziram, até agora, cerca de 4.000.000 hectares, prevendo-se que, dentro de poucos anos, poderão os engenheiros dispor de uma magnífica carta de todo o País onde fàcilmente serão estudados os planos gerais das obras de fomento.

Pena é que não sejam utilizados os modernos processos da triangulação aérea, que acelerariam ainda mais a conclusão da carta, embora lhe trouxessem uma ligeira diminuição da precisão perfeitamente aceitável dada a finalidade da carta.

O fomento das colónias

Todos os trabalhos topográficos necessários, até agora, aos estudos e execução de planos de obras de engenharia nas colónias, foram realizados por brigadas especiais agregadas aos engenheiros, as quais tiveram mesmo de preparar, em muitas zonas, as cartas de reconhecimento destinadas ao estudo dos planos gerais, suprindo, assim, a falta de uma carta corográfica.

A necessidade de estudar mais importantes planos de fomento, para um melhor aproveitamento das possibilidades do solo africano, especialmente na colónia de Angola, obriga à preparação de uma carta corográfica daquela colónia, elemento indispensável para um estudo consciencioso e sistemático daqueles planos.

Só a fotogrametria aérea, com os seus métodos especiais para levantamentos em pequena escala, pode corresponder à urgência requerida na preparação da referida carta, tornando-a de certo modo independente dos trabalhos geodésicos em execução na colónia.

É este o actual ponto de vista do Ministério das Colónias, que vai procurar a colaboração de todas as possibilidades fotogramétricas do País no sentido da mais rápida preparação possível de uma carta geral de Angola na escala de 1:200.000, ou mesmo 1:100.000 em certas zonas, considerando que esta última escala não apresenta para a fotogrametria maiores dificuldades do que a primeira.

As normas especiais de trabalho a adoptar para estas pequenas escalas consistirão em elevar a altura do voo, utilizar máquinas do tipo grande-angular ou múltiplas, reduzir os trabalhos sobre o terreno pela aplicação dos métodos de triangulação aérea apoiada em vértices geodésicos, quando os houver, ou em pontos astronómicos, tornando-se assim o levantamento independente da geodesia, condição indispensável

para não se prejudicar a eficiência e rapidez da fotogrametria.

Conclusões

Nesta rápida digressão pelos trabalhos de engenharia, que foram estudados e, em parte, levados a efeito nos últimos vinte anos, pretendeu-se mostrar a indispensável e notável contribuição da fotogrametria na preparação das cartas topográficas.

Sem a actuação da fotogrametria não teria sido possível preparar, em tão curto espaço de tempo, os milhares de hectares de cartas que permitiram acelerar a elaboração dos projectos e antecipar, em muitos casos, o início das respectivas obras.

Fazem-se votos para que o mesmo princípio seja, brevemente, aplicado ao cadastro geométrico da propriedade e aos levantamentos coloniais, conforme actualmente pensam os organismos oficiais responsáveis por aqueles trabalhos, para não sermos, de futuro, acusados de não ter aproveitado, em devido tempo, as enormes possibilidades da fotogrametria em benefício dos planos de fomento no Continente e nas Colónias.

AOS NOSSOS ASSINANTES

A partir deste número (inclusivé), vemo-nos na impossibilidade de conservar os preços de venda e assinatura da nossa revista.

Com efeito, os recentes aumentos do custo de papel e das taxas postais vieram sobrecarregar os nossos encargos de tal modo que, mantendo o nível a que os leitores se habituaram, não os poderíamos comportar.

Os novos preços passarão a ser:

	3 Números	6 Números	12 Números
Continente	**25$00**	**45$00**	**85$00**
Colónias e Estrangeiro . .		**50$00**	**90$00**
Número avulso		**9$00**	

Notícia sobre o Laboratório de Tratamento de Minérios do Instituto Superior Técnico

PELO ENG.º DE MINAS JOSÉ QUINTINO ROGADO
(Assistente do I. S. T.)

C. D. 622

1 — Função Industrial do Laboratório no Ambiente Mineiro Português

Duas considerações conduziram a organizar um laboratório deste tipo de molde a poder servir a Indústria — a própria natureza da Técnica e razões de economia.

Parece estar perfeitamente esclarecido e muitas vezes exemplificado que é a realidade industrial ou, por outras palavras, a utilidade para determinada comunidade na resolução de certos problemas que suscita a criação de novos métodos de Ciência e de Técnica. Em relação a esta última, pode mesmo afirmar-se ser a utilidade o seu critério último. Isto quer dizer que quase apenas se justifica o dispêndio de verbas, de tempo e trabalho na resolução de um problema quando esta traduz algum benefício ou cria qualquer valor. Um problema técnico é pois sempre um problema imposto pelo desenvolvimento de uma indústria.

Mais, é à Indústria que tem toda a investigação ou trabalho laboratorial técnico que recorrer, para produzir algo com valor, sob pena de, se assim o não fizer, cair no mal da teorização ou da inutilidade.

Daqui resulta:

a) Ser quase sempre inútil, por ser apenas formal, o ensino, o estudo ou investigação técnicas sobre matérias que não encontrem ou não venham a encontrar em futuro próximo aplicação industrial.

b) Que as questões de carácter laboratorial ligadas a indústrias florescentes ou com possibilidades de o virem a ser devem ser sempre postas em contacto com as solicitações dessas mesmas indústrias.

Fica, portanto, de pé a questão de saber-se, se a Indústria Mineira Portuguesa tem já aquela soma de problemas e de capitais que a tornam, no campo de tratamento de minérios, suficientemente avançada ao ponto de interessar um Laboratório de Pesquisas Técnicas.

Cremos que a própria natureza dos jazigos portugueses, o seu valor actual, (1) a real necessidade de desenvolver a mineração que encontrou, pelos Poderes Públicos, o seu reconhecimento na criação do Fomento Mineiro e do Instituto de Combustíveis, a longa experiência de minas organizadas e abandonadas muitas vezes porque os seus problemas técnicos não foram correctamente encarados e resolvidos e por isso elas não puderam resistir às depressões dos mercados, o volume das transacções actuais, a crença no valor nacional de certos minérios portugueses uma vez que se criem as condições técnico-económicas da sua exploração, e previsão de metalurgias, e o presumível desenvolvimento do país nas décadas que se vão seguir, tudo isto aliado aos já frequentes problemas que essa indústria tem de resolver recorrendo a escassos laboratórios próprios ou a conhecidos laboratórios estrangeiros, é já garantia suficiente para encararmos sem receio o risco da montagem de um Labora-

(1) Disfrutamos na produção de Wolframite, Cassiterite e Pirites lugar de relevo na Europa e no Mundo.

tório de Tratamento de Minérios no Instituto Superior Técnico.

Pensámos pois que um laboratório deste género teria presumìvelmente garantia de regular nível industrial num futuro próximo e possível aceitação no meio português, logo que fosse correctamente montado, suficientemente dotado e racionalmente mantido.

Ora, no que diz respeito à sua manutenção, que será onerosa com certeza, não se vê melhor solução do que fazê-lo depender, a partir de certa altura, quase inteiramente da indústria que dele se irá servir. A sua prosperidade económica, uma vez demonstrada como está a sua necessidade, será assim o aferidor do seu nível técnico.

2 — Descrição do Laboratório

Dentro deste critério previram-se duas fases na dotação do Laboratório. No fim da primeira que terminará em Junho-Julho de 49 (1) ficará montado um laboratório para ensaios discontínuos (Batch Laboratory) que englobem todos os tipos que se pensou poderem interessar imediatamente à Indústria Portuguesa de Minas, e numa altura em que a experiência adquirida, a prosperidade económica e as necessidades então existentes ou previsíveis na Indústria o aconselharem iniciar-se-á a montagem de um grande laboratório para ensaios contínuos.

Mas desde o início ficará o Laboratório de Tratamento de Minérios apto a realizar ensaios industriais para os seguintes três casos:

a) Esclarecer o possuidor de determinado minério sobre as possibilidades de concentração da espécie ou espécies ricas e realizar essa operação em certos casos.

b) Indicar o esquema aconselhável para o tratamento de determinado tipo de minério tal-qual.

c) Resolver dificuldades que qualquer empresa encontre na sua rotina e que não possa resolver por não dispor de pessoal técnico ou de laboratório apropriados e considere anti-económico interromper o giro da sua indústria para tantas experiências.

Para isso a dotação da primeira fase permitirá realizar os seguintes ensaios:

a) *Quebragem, pulverização, crivagem e separação magnética:*

Estas operações, com exclusão da última, permitirão realizar ensaios das seguintes naturezas:

— Preparação de amostras para ulteriores tratamentos

— Estudo de redução de calibre de minérios, materiais de construção ou matérias primas até aos valores requeridos pelas suas aplicações industriais, o que pode interessar não só à Indústria de Minas como também à Construção Civil e a certas Indústrias Químicas.

A separação magnética englobada no grupo de operações anteriores prestará serviços como concentradora final ou intermédia quer nesse mesmo grupo, quer nos outros a seguir indicados.

Poderá realizar ensaios de:

I — Separação da Ilmenite da Cassiterite, Wolframite das Pirites e Arseno-pirites, Cromites, Pirolusites, Magnetites e Hematites das suas gangas.

II — Concentração ou purificação de Bauxites, Feldspatos, Carburundum, Barita, Zircão, Biotites, areias para vidros, Sal, etc.

b) *Concentração hidrogravítica*

Os fenómenos hidrogravíticos poderão utilizar-se em concentrações intermédias de minérios de Au, Ag, Cu, Pb e Zn, ou em concentrações finais de óxido de metais pesados e de minérios não metálicos. Assim este grupo de operações permitirá, entre outras, a realização das seguintes funções:

(1) A maquinaria já está toda encomendada.

A) Função auxiliar

I — Recuperação do Au livre graças ao emprego de uma giga que opere no circuito de um moinho de bolas, seguido de amalgamação dos concentrados fornecidos por ela.
II — Separação de Galena ou Cerusite graúdas com baixos teores de Zn dos minérios Pb-Zn.
III — Separação dos óxidos dos metais pesados (Cromite, Magnetite, etc.), dos circuitos dos moinhos de bolas e de minérios não metálicos.
IV — Recuperação dos minerais pesados não flutuáveis dos concentrados de flutuação.
V — Separação de um mineral pesado ou de areias, sobre os quais operações mais caras, como pulverizações e subsequentes retratamentos, possam vir a ser realizados.

B) Função principal

Concentração de:

I — Minérios de Fe, W, Mn, Cr, Sn, e Ti.
II — Minérios não metálicos como a Barita e o Feldspato.
III — Areias aluvionares contendo minérios metálicos pesados e não metálicos.
IV — Sub-produtos metalúrgicos, como escórias e resíduos.

c) *Flutuação*

As operações de flutuação poderão realizar ensaios dos seguintes tipos:

I — Redução das perdas nos regeitos.
II — Aumento da riqueza dos concentrados de flutuação.
III — Solução de dificuldades causadas por modificação na natureza do minério tal-qual.
IV — Determinação de métodos de tratamento de novos minérios (caso do início de laboração de uma mina, por ex.).
V — Estudo das possibilidades eventuais de sub-produtos.
VI — Investigação sobre o emprego de novos e mais baratos reagentes fornecidos pelo mercado.

d) *Cianidação e amalgamação*

Engloba os seguintes ensaios sobre minérios de Au e Ag:

I — Redução das perdas dos regeitos.
II — Solução de dificuldades levantadas pela variação de composição do minério tal-qual.
III — Ensaios sobre as possibilidades de tratamento de novos minérios (caso de início de laboração de uma mina, p. ex.).
IV — Ensaios sobre produtos provenientes de outros processos de concentração para aumentar a extracção.

e) *Ensaios de minérios aluvionares*

Determinação do modo operatório de tratamento de areias aluvionares ricas em Au, Cassiterite, Ilmenite, etc., ou determinação de modificações em esquemas de tratamento já existentes.

f) *Concentração por licores densos*

Ensaios sobre minérios metálicos e não metálicos nomeadamente sobre carvões.

g) *Caracterização por análises químicas qualitativas e pela micro-química das espécies minerais existentes em qualquer minério tal-qual ou concentrado.*

Em resumo, o laboratório destinar-se-á a repetir as operações fundamentais de tratamento de minérios em condições tão próximas quanto possível das que se encontram na Indústria.

Para realizar estas funções sub-dividiu-se o Laboratório, nas seguintes secções:

1.ª Secção:

Laboratório de Ensaios Discontínuos de:

a) Quebragem
b) Britagem
c) Pulverização
d) Crivagem
e) Concentração magnética.

} A funcionar dentro de 1 a 2 meses

2.ª Secção:

Laboratório de Ensaios Discontínuos de:

a) Concentração hidrogravítica
b) Flutuação

} A funcionar dentro de 1 a 2 meses

c) Cianidação
d) Amalgamação.

3.ª Secção:

Laboratório de Ensaios Discontínuos de minérios aluvionares. } A funcionar dentro de 1 a 2 meses

4.ª Secção:

Laboratório de Ensaios de Separação com Licores Densos.

5.ª Secção:

Secção de Contrôle } A funcionar dentro de 1 a 2 meses

Resumo

1 — Reconheceu-se a vantagem de dotar o I. S. T. com um Laboratório de Tratamento de Minérios que além das funções pedagógicas [1] inerentes a todos os laboratórios escolares (v. g. Laboratórios do Instituto Geológico de Madrid, da Royal School of Mines, da Ecole Polytechique de Montral, da Université Laval, etc.), tem possibilidades de contribuir para o progresso da Indústria Mineira Portuguesa, tanto no continente como no ultramar.

2 — Fez-se depender, em grande parte, a vida do laboratório das indústrias que servirá, visto existir já em Portugal, na Preparação Mecânica de Minérios, aquela soma de problemas e capitais suficientes para manter um laboratório que se proponha resolvê-los.

3 — Projectou-se e iniciou-se a montagem da primeira fase do laboratório que inclue aparelhagem para ensaios: (I) de quebragem, pulverização, crivagem e separação magnética; (II) de concentração hidrogravítica; (III) de flutuação, cianidação e amalgamação; (IV) de concentração com líquidos pesados; (V) caracterização química de espécies minerais.

Lisboa, 2-12-948.

Sumary

The New Ore Dressing Laboratory of the I. S. T. in Lisbon

1 — It is recognized that is of some interest organize a Ore Dressing Laboratory at the I. S. T. for teatching and as avaluable contribution for the progress of Mine Industry in the country. (V. g. Laboratorys of Royal School of Mines, of the Ecole Polytechnique of Montreal, of the Laval University.)

2 — The new laboratory will be chiefly mantained by the comissions of the industries because there are already in Portugal a lot of ore dressing problems atatched to a quantity of capitals large enought to fit a laboratory that proposes to resolve them.

3 — The laboratory is now receiving the aparatus for batch tests on:

I — Breaking, crushing, screening and magnetic separation.
II — Cravity concentration.
III — Flotation, cyanidation and amalgamation.
IV — Heavy - Media Separation.
V — Qualitive Chymical and Mino-Chymical essays.

Lisbon, 2th Dec. 48

[1] Não nos referimos nesta curta notícia a esse aspecto do trabalho do laboratório por estar implícito em qualquer actividade deste tipo dentro da Escola. Deixaremos para mais tarde tal questão.

SEDIMENTAÇÃO. ESPESSAMENTO

PELO ENG.º QUÍMICO INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Assistente do I. S. T.

C. D. 664.7

Introdução

As operações descritas anteriormente referentes a Classificação, Separação por Densidades e Extracção de Sólidos, exigem, posteriormente, a separação das partículas sólidas, do fluido que foi empregado. Como vimos, no artigo geral sobre «Moagem, Mistura e Separação», esta separação pode efectuar-se por Sedimentação e por Filtração; em geral, emprega-se a primeira operação para partículas que se depositam com facilidade e reserva-se a filtração para as partículas que não puderam ser separadas por sedimentação. No caso do fluido ser um líquido, a separação final do sólido e do líquido pode fazer-se por secagem.

Chama-se espessamento à sedimentação, no caso de líquidos.

CAPITULO I

LEI GERAL DA SEDIMENTAÇÃO

a) *Generalidades*

Em geral, a deposição das partículas faz-se lentamente e, portanto, é aplicável a fórmula de Stokes deduzida na Classificação:

$$U = \frac{D^2 (\gamma - \gamma_0)}{18 \mu}$$

No caso a que se fez referência de o número de Reynolds N ser inferior a 0,001 o valor de U tem de ser corrigido multiplicando-o pelo factor correctivo $\left(1 + A \frac{\lambda}{d}\right)$ em que A é uma constante que varia de 1,4 a 2 e λ o percurso livre médio das moléculas [1] do fluido considerado (no caso dos gases, tem-se $\lambda \sim 10^{-5}$).

A fórmula que dá a velocidade, entrando com esta correcção tem o nome de fórmula de Stokes-Cunningham.

b) *Diâmetros usuais das partículas*

1) *Partículas em suspensão em líquidos*

É costume classificar os líquidos com partículas sólidas em suspensão, em suspensões e soluções coloidais, conforme o diâmetro das partículas for superior ou inferior a 0,1 μ (micron). Na nomenclatura metalúrgica denominam-se areias as partículas com diâmetros superiores aos correspondentes ao peneiro de 200 malhas por polegada linear (abertura de 74 μ) e lamas às partículas de diâmetro inferior.

Os processos de sedimentação não são aplicáveis às soluções coloidais.

2) *Partículas em suspensão em gases*

As partículas em suspensão nos gases é costume dar o nome de dispersóides que se classificam em mecânicos e de condensação conforme se obtêm por lançamento das partículas no gás, ou se originam na própria massa do gás por condensação ou por uma reacção química.

Os dispersóides mecânicos cujos diâmetros variam, em geral, entre 5 e 50 μ têm o nome de poeiras, quando sólidos e de chuvas quando líquidos; os dispersóides de condensação, de diâmetros compreendidos

---

[1] Física Geral e Experimental — Teoria cinética dos gases.

entre 0,1 a 5 μ, têm o nome de fumos, quando sólidos e de névoas quando líquidos.

Em geral, para os dispersóides mecânicos é válida a fórmula de Stokes, e para os de condensação utiliza-se a de Stokes-Cunningham.

CAPITULO II

SEDIMENTAÇÃO EM LÍQUIDOS

a) *Alteração na fórmula geral*

A fórmula geral não é rigorosamente aplicável porque, à medida que as partículas se vão aproximando do fundo, a suspensão torna-se mais concentrada e, portanto, é preciso estudar o movimento das partículas referido à suspensão e não ao líquido. Nestas condições os valores de γ_0 e μ são variáveis em função da altura do tanque e a velocidade de sedimentação terá de ser escrita em função dessa altura, isto é,

$$U = \frac{dh}{dt} = \frac{D^2 (\gamma - \gamma_0)}{18 \mu}$$

e

$$\int_0^H \frac{\mu \, dh}{\gamma - \gamma_0} = \frac{D^2 t}{18},$$

sendo t o tempo total de sedimentação e H a altura do tanque.

O valor de γ_0 calcula-se fàcilmente em função de h (fig. 1). Com efeito, se a percentagem inicial em volume das partículas sólidas, no líquido, for α e a altura inicial for H, o peso total do sólido existente numa coluna de base unidade será $p = \alpha H \gamma$,

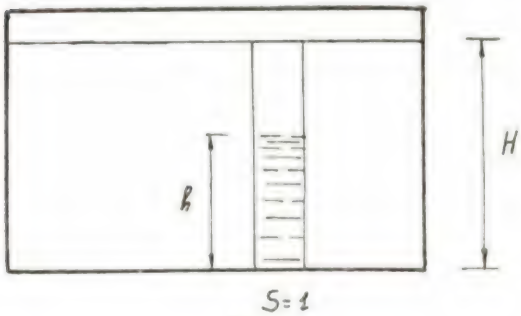


Fig. 1

qualquer que seja, evidentemente, a altura ocupada pela massa a sedimentar; quando esta adquirir o valor h, o volume total da coluna será h, o de líquido existente nessa coluna, terá o valor $(h - \alpha H)$ e o seu peso será $p' = (h - \alpha H) \gamma'$ sendo γ' o peso específico do líquido. O peso total da coluna ocupada pelas partículas será, portanto,

$$p_0 = \alpha H \gamma + (h - \alpha H) \gamma'$$

Mas por outro lado

$$p_0 = \gamma_0 h \quad ;$$

logo o valor γ_0 será

$$\gamma_0 = \frac{\alpha H (\gamma - \gamma') + h \gamma'}{h}$$

Quanto ao valor de μ, é costume exprimi-lo em função da relação β entre a altura h_s ocupada pelas partículas sólidas se não existisse o líquido e a altura h, relação a que se dá o nome de concentração relativa:

$$\beta = \frac{h_s}{h}$$

Considerando, ainda, uma coluna de base unidade, será

$$h_s = \frac{p}{\gamma_g} = \frac{\alpha H \gamma}{\gamma_g}$$

sendo γ_g a densidade a granel.

Portanto,

$$\beta = \frac{\alpha H \gamma}{\gamma_g} \cdot \frac{1}{h}$$

Os valores de μ em função de β são determinados experimentalmente e da curva $\mu(\beta)$ é possível calcular μ em função de h.

Conhecidos γ_0 e μ em função de h o integral $\int_0^H \frac{\mu \, dh}{\gamma - \gamma_0}$ calcula-se gràficamente.

b) *Aparelhagem utilizada*

1) *Generalidades*

A aparelhagem é sempre constituída por um tanque que tem o nome de espessador,

com uma canalização na parte central do fundo por onde se retira o sólido que sedimentou. O líquido libertado das partículas em suspensão pode ser retirado intermitentemente, com um sifão, ou contìnuamente, por um tubo ou por uma calha situada na parte superior da parede do tanque e, neste segundo caso, a alimentação do espessador faz-se contìnuamente pela parte central da tampa e a massa espessada é retirada também contìnuamente pela parte central do fundo por meio de uma bomba de diafragma (fig. 2).

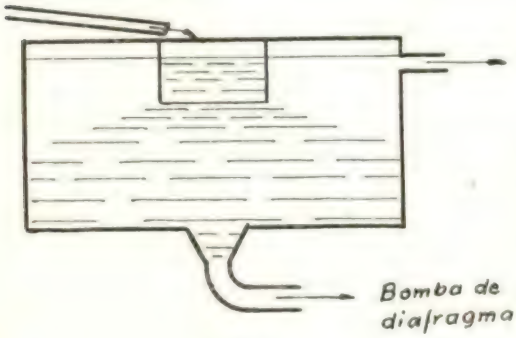


Fig. 2

A fim de transportar a massa espessada para o centro, o espessador tem um veio coincidente com o eixo do tanque animado de um movimento de rotação muito lento (inferior a 1 r. p. m.) e no qual estão montados dois ou quatro braços, munidos de pás que arrastam a massa para o cone central.

O arrastamento das partículas compreende-se em face da figura 3.

Por efeito do movimento de transporte da pá, de velocidade P'_t, cada partícula adquire uma velocidade relativa P'_r paralela à pá e uma velocidade absoluta P'_a perpendicular à pá.

As componentes da velocidade absoluta serão [1]

$$v_r = \frac{dr}{dt} = -P'_a \operatorname{sen} \alpha$$

$$v_s = r\frac{d\theta}{dt} = P'_a \cos \alpha$$

[1] Mecânica Racional — Cinemática do ponto.

Mas

$$P'_a = P'_t \cos \alpha = \omega\, r \cos \alpha$$

Portanto

$$\frac{dr}{dt} = -\omega\, r \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha$$

Integrando vem

$$\log r - \log C = -\omega \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha\, t$$

ou

$$r = Ce^{-\omega \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha\, t}$$

Por outro lado,

$$r\frac{d\theta}{dt} = \omega\, r \cos^2 \alpha$$

ou

$$\theta = \omega \cos^2 \alpha\, t + C_1$$

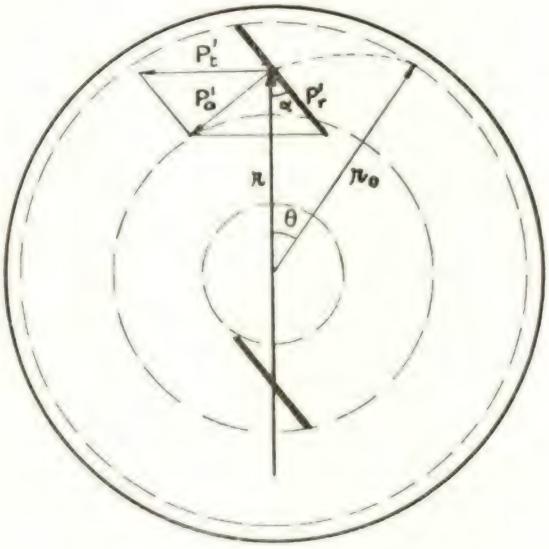


Fig. 3

Admitindo que, para

$$t = o\ ,\ \text{vem}\ \theta = o\ ,$$

será

$$t = \frac{\theta}{\omega \cos^2 \alpha}$$

Substituindo na expressão de r, vem

$$r = Ce^{-\theta \operatorname{tg} \alpha}$$

Para $\theta = o$, será $r = r_o$ e, portanto, $C = r_o$.

Finalmente, será

$$r = r_o e^{-\theta \operatorname{tg} \alpha}$$

que é a equação de uma espiral logarítmica [1].

Deve notar-se, no entanto, que as partículas só se deslocam enquanto estão em contacto com as pás e, por isso, o movimento só prossegue quando as partículas ficarem em contacto com uma pá situada mais perto do centro e que deverá ser montada no braço seguinte, como se vê na figura. Conclui-se, deste modo que, em cada braço, as pás estarão montadas em posições diferentes de modo a arrastarem as partículas que deixaram de estar em contacto com a pá anterior.

Se o número de braços for m, as partículas ficarão em contacto com m pás durante uma rotação e, portanto, é fácil calcular o tempo que levam a atingir a parte central, em função do número de rotações por minuto.

Com efeito, quando as partículas ficam em contacto com uma pá de comprimento l, aproximam-se do centro do tanque, de um comprimento c igual à projecção de l sobre o braço, isto é,

$$c = l \cos \alpha$$

Em cada rotação, as partículas ficam em contacto com uma pá de cada braço e, portanto, se for q o número de pás em cada braço, serão necessárias q rotações para transportar as partículas até ao centro; sendo n o número de rotações por minuto, o tempo necessário será

$$t = \frac{q}{n} \text{ (minutos)}$$

Os valores de α, m e q são fixados arbitràriamente; α é aproximadamente igual a 45°, m faz-se igual a 2 ou 4 e q varia, em geral, entre 10 e 20.

Para fixar as dimensões, supõe-se que todas as pás estão fixadas no mesmo braço, o que corresponde a um total de mq pás.

Estas pás terão comprimentos diferentes porque, à medida que as partículas se aproximam do centro, vão descrevendo circunferências de menor perímetro e, por isso, terão de avançar mais em cada rotação, de onde resulta que o valor de l deve aumentar da periferia para o centro, aproximadamente na razão inversa dos raios correspondentes à aresta exterior das pás, isto é,

$$l = \frac{k}{r}$$

Representando por $l_1, l_2 \ldots l_{mq}$ os comprimentos das diferentes pás, a partir da periferia e, por $r_1, r_2 \ldots, r_{mq}$ os raios respectivos, será

$$r_2 = r_1 - l_1 \cos \alpha = r_1 - \frac{k}{r_1} \cos \alpha$$

$$r_3 = r_2 - l_2 \cos \alpha = r_2 - \frac{k}{r_2} \cos \alpha$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots -$$

$$r_{mq} = r_{m-1q} - l_{mq-1} \cos \alpha = r_{mq-1} - \frac{k}{r_{mq-1}} \cos \alpha,$$

sendo r_{mq} o raio correspondente à aresta exterior da última pá (e, portanto, r_{mq+1} será o raio do cone de descarga). Somando ordenadamente, ter-se-á

$$r_{mq} = r_1 - (l_1 + l_2 + \ldots + l_{mq-1}) \cos \alpha =$$

$$= r_1 - k \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_{mq-1}} \right) \cos \alpha$$

Para determinar k, ter-se-ia de substituir $r_2, r_3 \ldots r_{mq-1}$, em função de r_1, o que dava uma equação de resolução muito difícil. Por isso, efectua-se um cálculo aproximado, admitindo que, para o valor médio r_i do raio, se obtém para l, o valor médio l_i; sendo assim, será

$$r_i = \frac{r_1 + r_{mq+1}}{2}$$

e

$$l_i = \frac{k}{r_i},$$

sendo

$$l_i = \frac{c_i}{\cos \alpha}$$

[1] Mecânica Racional — Cinemática do ponto.

e

$$c_i = \frac{r_i - r_{mq+1}}{mq}$$

Ter-se-á, portanto,

$$k = l_i r_i$$

Com este valor de k, calculam-se os diferentes valores de r e os valores de l correspondentes. Como o valor de k é aproximado, pode acontecer que não se atinja o valor de r_{mq+1}, que foi fixado pelas dimensões do tanque; por isso, altera-se o valor de k até atingir um resultado satisfatório.

Determinadas as dimensões das pás e a sua posição, distribuem-se alternadamente pelos diferentes braços, no sentido inverso do sentido de rotação.

Este espessador contínuo é o espessador Dorr de que já se falou a propósito da extracção de sólidos e que, em geral, não trabalha isoladamente mas faz parte de um conjunto de vários espessadores colocados a níveis diferentes, cada um dos quais constitui um andar de extracção em contra corrente (fig. 4). Entre cada dois espessadores, é necessário efectuar uma mistura íntima entre o líquido e a massa que vai sedimentar; essa mistura faz-se, em geral, numa calha com pás com movimento oscilatório em torno de um eixo paralelo ao eixo da calha e que tem o nome de amassador Dorrco (fig. 5) (1).

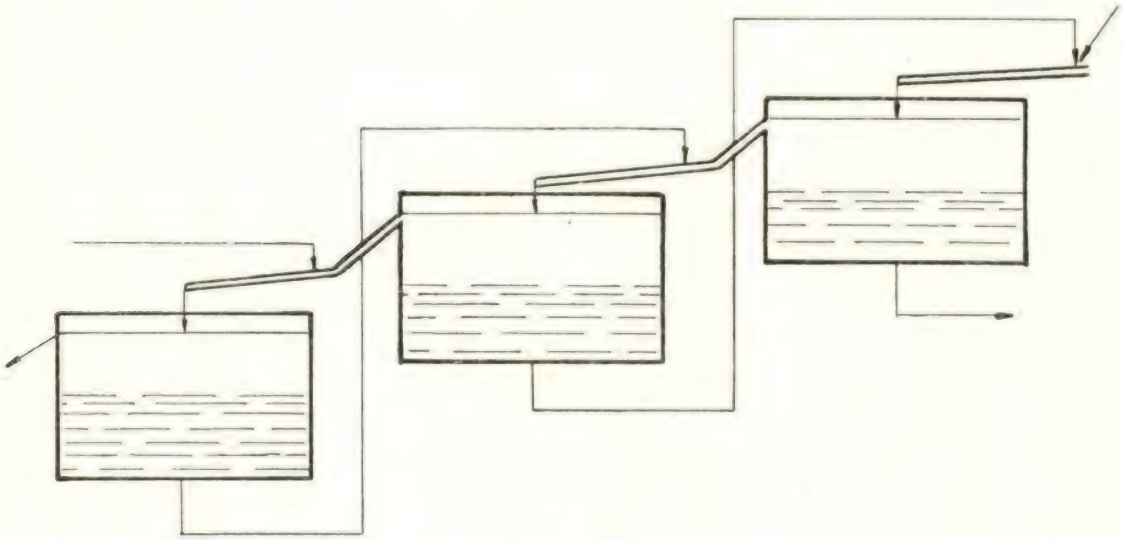


Fig. 4

2) *Capacidade de um espessador*

A área de um espessador calcula-se fàcilmente, a partir da velocidade de sedimentação U.

Seja P o peso de sólidos a espessar por hora e sejam H e H_f, a altura do líquido e a altura final do sólido espessado.

O tempo necessário para que as partículas sólidas atinjam a altura H_f será

$$t = \frac{H - H_f}{U} \quad ,$$

sendo U a velocidade média de sedimentação.

Fig. 5

(1) Para uma descrição mais detalhada da aparelhagem, ver por exemplo, «Chemical Engineers' Handbook» de J. Perry e W. S. Calcott.

Mas, como vimos, o peso de sólido que sedimenta numa coluna de base unidade é

$$p = \alpha H \gamma ;$$

por isso, se for S a área total da base do espessador, a quantidade total p_1 espessada em t segundos, será

$$p_1 = S \alpha H \gamma$$

Durante uma hora, o peso a espessar é P, tal que

$$\frac{P}{p_1} = \frac{3600}{t}$$

ou

$$\frac{P}{S \alpha H \gamma} = \frac{3600}{\frac{H - H_f}{U}}$$

ou ainda

$$S = \frac{P (H - H_f)}{3600 \alpha H \gamma U}$$

Em geral, é costume exprimir H e H_f em função das diluições inicial e final F e F', expressas em peso de suspensão por peso de sólido; sendo γ_0 e γ_{of} os pesos específicos inicial e final da suspensão, ter-se-á,

$$F = \frac{H \gamma_0}{\alpha H \gamma} \quad \text{e} \quad F' = \frac{H_f \gamma_{of}}{\alpha H \gamma}$$

ou

$$H = \frac{F \alpha H \gamma}{\gamma_0} \quad \text{e} \quad H_f = \frac{F' \alpha H \gamma}{\gamma_{of}}$$

Portanto

$$S = \frac{P \left(\frac{F}{\gamma_0} - \frac{F'}{\gamma_{of}} \right)}{3600 U}$$

Supondo que o peso específico da suspensão é constantemente igual a γ_0, será

$$S = \frac{P (F - F')}{3600 U \gamma_0}$$

Substituindo o valor de H_f em função de F' na expressão inicial, ter-se-á,

$$H \left(1 - \frac{F' \alpha \gamma}{\gamma_{of}} \right) = U t$$

expressão de onde se tira H, em função do tempo no qual se pretende que o espessamento se efectue.

CAPITULO III

SEDIMENTAÇÃO EM GASES

a) *Câmaras de sedimentação*

Neste caso, a fórmula a aplicar é mais simples porque γ_0 é desprezível em função de γ, isto é,

$$U = \frac{D^2 \gamma}{18 \mu}$$

As câmaras de sedimentação são câmaras com uma secção S de passagem que se calcula a partir do caudal Q do gás e cujo comprimento L é tal que as partículas tenham tempo de se depositar, percorrendo a altura H da secção de passagem, isto é

$$\frac{H}{U} = \frac{L}{\frac{Q}{S}}$$

ou

$$L = \frac{Q H}{S U}$$

b) *Ciclones*

1) *Dimensões*

O valor de velocidade U, é em geral, bastante pequeno e, por isso, as câmaras de sedimentação, têm um comprimento muito grande; mas, para aumentar U, a única possibilidade consiste em substituir o peso específico por uma força específica f, isto é, substituir a aceleração da gravidade g, por outra aceleração a maior. Sob o ponto de vista prático, a aceleração a que se pode lançar mão é a aceleração centrífuga a de valor

$$a = \omega^2 r ,$$

obrigando as partículas a percorrerem um caminho circular dentro de uma câmara

cilíndrica e tronco-cónica que tem o nome de ciclone (fig. 6).

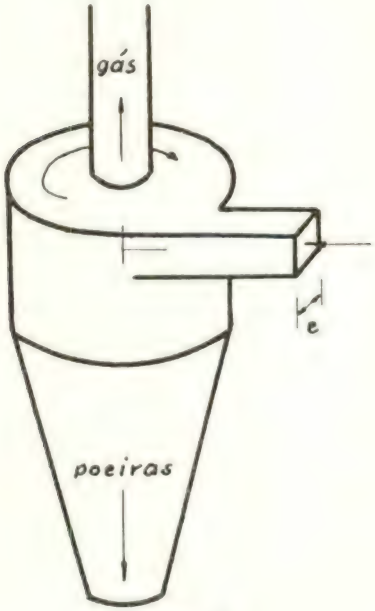


Fig. 6

A expressão da velocidade de deposição será, portanto, substituindo g por $\omega^2 r$,

$$U = \frac{D^2 \omega^2 r (\rho - \rho_0)}{18 \mu} \quad (^1)$$

Sendo e a largura da canalização de entrada, o tempo necessário para as partículas se depositarem todas, será

$$t = \frac{e}{U} .$$

Se, por outro lado, a velocidade da corrente gasosa for $U_g = \omega r$, sendo r o raio médio do ciclone, e θ for o ângulo por ela percorrido durante a deposição da partícula, o tempo será também

$$t = \frac{\theta r}{U_g} = \frac{\theta}{\omega}$$

Igualando as duas expressões de t, ter-se-á

$$e = \frac{\theta U_g}{\omega}$$

ou

$$e = \frac{\theta \omega r D^2 (\rho - \rho_0)}{18 \mu} = \frac{\theta U_g D^2 (\rho - \rho_0)}{18 \mu}$$

ou

$$e = \frac{\theta U_g D^2 \rho}{18 \mu} ,$$

visto que ρ_0 é desprezível em relação a ρ.

O valor de θ pode tornar-se aproximadamente

$$\theta = 2 \pi N ,$$

sendo N = 0,5 a 3, mas em média N = 1,5.

Por outro lado, admitindo que a secção de entrada S_1 é aproximadamente quadrada, será

$$e \sim \sqrt{S_1}$$

e

$$S_1 = \frac{Q}{U_g} ,$$

sendo Q o caudal do gás. Portanto,

$$\sqrt{\frac{Q}{U_g}} \sim \frac{\theta U_g D^2 (\rho - \rho_0)}{18 \mu}$$

$$U_g = \left[\frac{18 \mu \sqrt{Q}}{\theta D^2 (\rho - \rho_0)}\right]^{2/3} = \left[\frac{9 \mu \sqrt{Q}}{\pi N D^2 (\rho - \rho_0)}\right]^{2/3}$$

ou

$$U_g = \left[\frac{9 \mu \sqrt{Q}}{\pi N D^2 \rho}\right]^{2/3} ,$$

desprezando ρ_0.

O raio do ciclone varia entre os valores

$$r = 2e \text{ a } 6e$$

A altura do ciclone é variável com os tipos, mas, em primeira aproximação pode supor-se que a altura da parte cilíndrica varia entre r e $\frac{3}{2}$ r e a da parte cónica de 1,5 r a 3 r.

O diâmetro do colector de saída d varia entre os valores

$$d = r \text{ a } \frac{1}{2} r$$

(1) Deve notar-se que a aceleração da gravidade continua a existir e portanto compõe-se com $\omega^2 r$ que lhe é perpendicular. Mas como, em geral $\omega^2 r$ é muito superior a g, despreza-se g.

2) *Perda de pressão*

A perda de pressão ΔP tem a expressão habitual

$$\Delta P = K \gamma \frac{U_g^2}{2g}$$

Esta perda de pressão é devida a um alargamento de secção, a uma mudança de direcção, a um aperto de secção, e ao atrito dentro do ciclone.

Convém, evidentemente, relacionar a perda de pressão com a relação entre as secções de entrada S_1 e de saída S_2. Como se sabe do estudo das perdas de carga nas variações de secção (ver Transporte de Líquidos), os valores de K são da forma

$$K = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2 + \frac{1}{9}\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 = \frac{10}{9}\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 2\frac{S_1}{S_2} + 1 ,$$

isto é, são dados por um polinómio do segundo grau em $\frac{S_1}{S_2}$.

No caso que estamos a considerar, pode supor-se, também, em primeira aproximação que K é da mesma forma e, portanto, será

$$K = \alpha \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 + \beta \frac{S_1}{S_2} + \delta$$

Os valores de α, β e foram determinados, experimentalmente, obtendo-se,

$$\alpha = 1$$
$$\beta = 12{,}5$$
$$\delta = -1$$

Utilizando as notações anteriores, será

$$S_1 = e^2$$
$$S_2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

Portanto

$$K = \left(\frac{4 e^2}{\pi d^2}\right)^2 + 12{,}5 \left(\frac{4 e^2}{\pi d^2}\right) - 1$$

BIBLIOGRAFIA

«Chemical Engineers'Handbook», de J. Perry e W. S. Calcot.

«Elements of Chemical Engineering», de Badger e Mac Cabe.

Processos unitários da química orgânica

ESTERIFICAÇÃO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL MANUEL CHAGAS ROQUETTE

(Assistente I. S. T.)

(Conclusão)

C D 661.73

3 — Aparelhagem

Materiais de construção

O material geralmente empregado na aparelhagem de esterificacão é o cobre. Este metal resiste bem aos ácidos orgânicos e ainda ao clorídrico e sulfúrico, em soluções muito diluídas, desde que não haja quantidade apreciável de oxigénio livre. A soldadura é quase sempre autogénia, embora existam soldas especiais.

Eis as características duma dessas soldas:

cobre 80 % prata 15 % fósforo 5 %
ponto de fusão 650° C

Os alambiques são de cobre e mais raramente de óxido inoxidável ou monel. As serpentinas de aquecimento pelo vapor são também de cobre ou de liga de cobre e estanho (90 % de cobre e 10 % de estanho).

Certos ésteres (por exemplo os ésteres de resina) podem ser expedidos em tambores de ferro galvanizado.

O cobre, além do inconveniente, ainda que atenuado, do desgaste, apresenta a desvantagem de introduzir impurezas no produto fabricado. Emprega-se nalguns casos, em vez do cobre, o latão e bronze fosforados. Os condensadores são muitas vezes construídos em aço crómio-níquel (com composições da ordem dos 18 % de crómio e 8 % de níquel).

Alambiques e colunas de destilação

Nos alambiques a carga líquida deve ocupar entre 4/10 e 6/10 da altura do alambique. Admite-se para rendimento térmico um valor médio de 50 %.

Em certas esterificações (ésteres de resina, por exemplo) em que um dos reagentes é sólido, a marmita de reacção é provida de agitador.

Noutras esterificações (processos contínuos) dispensa-se o alambique; a carga é esterificada na própria coluna de destilação (coluna de esterificação) em contra-corrente com os vapores das misturas azeotrópicas, que se recolhem na cabeça da mesma coluna.

A esterificação emprega normalmente potentes meios de destilação: colunas de pratos e menos frequentemente colunas de destilação com enchimento de refractário especial. O emprego destas últimas não é de aconselhar na esterificação, devido ao perigo de formação de chaminés ou canais verticais por onde só sobem os vapores, e outros, por onde só descem os líquidos. A vantagem de não se verificar pràticamente a corrosão, e de portanto o éster não vir contaminado de impurezas provenientes do desgaste do material, é neutralizada pelo perigo de não termos a coluna a trabalhar com o elevado poder separador, que lhe é exigido.

A distância entre os pratos não deve ser inferior a 16 cm, nem superior a 40 cm.

Admite-se uma velocidade de vapores, dentro da coluna, entre 0,5 e 1,5 m/seg.

Quanto à taxa de refluxo real deve arbitrar-se 1,05 a 1,1 da taxa mínima de refluxo teórico, nas esterificações em que se exige elevadíssimo poder separador às colunas (acetatos de etilo e metilo); nas esterificações em que esse poder separador é menor, podem tomar-se valores entre 2 e 3 vezes a taxa mínima de refluxo. A relação entre o número de pratos m calculados teòricamente e o número real de pratos n oscila entre 0,6 e 0,8.

Consideram-se os seguintes valores médios:

número de pratos	poder separador	m/n
pequeno	baixo ou médio	0,6
elevado	elevado	0,7
elevado	baixo ou médio	0,8

Na utilização desta tabela considera-se até 8 um número pequeno de pratos, de 8 a 16 um número médio de pratos e mais de 16 um número elevado.

Os restantes valores de m/n tiram-se fàcilmente por uma interpolação aproximada. O valor m/n, lògicamente, cresce com o número de pratos, e para o mesmo número de pratos diminue com o poder separador da coluna. É preciso no entanto vincar que, em certas condições de mau funcionamento, o valor real de trabalho m/n pode apresentar-se muito inferior ao arbitrado (por exemplo, colunas trabalhando com m/n = = 0,3).

Um dos elementos básicos para o cálculo duma coluna de pratos é o número destes. Porque na esterificação este problema se apresenta com características especiais, vamos passar a considerá-lo.

Aplicação do método gráfico de McCabe e Thiele ao cálculo das colunas na esterificação.

Este processo, ainda que, em linhas gerais, fundamentado nos mesmos princípios do que os processos analíticos de Sorel, Lewis e outros, revela-se muito mais prático e suficientemente preciso.

Apenas se aplica a sistemas binários, o que não lhe diminue o interesse neste processo unitário, onde na maioria dos casos se efectuam apenas destilações de sistemas binários e mais raramente de sistemas ternários. Os constituintes dos sistemas binários são, quase sempre, o azeotrópico ternário éster-álcool-água e o binário éster-água ou éster-álcool, que se comportam como compostos bem definidos, sob o ponto de vista da destilação.

O processo McCabe-Thiele é tanto mais rigoroso quanto maior for o número de pratos, e quanto mais perfeito for o funcionamento da coluna (isto é, o rigor é tanto maior, quanto mais próximo das condições de equilíbrio se encontram as fases líquida e gasosa em cada prato) Por outro lado esta última condição é de preferência satisfeita, quando a coluna for de grande diâmetro, ou quando estiver a trabalhar próximo da sua capacidade máxima, ou ainda dum modo geral, quando diminuir a relação entre a quantidade de calor perdido e a quantidade total de calor. Escolhendo um coeficiente m/n adequado conseguimos calcular valores, quase coincidentes com os que a prática demonstrou serem os mais adequados.

Adoptaremos as seguintes convenções:

x — título molecular do componente mais volátil na fase líquida

y — título molecular do componente mais volátil na fase vapor

P — número de moléculas do produto final de destilação, recolhidas, por unidade de tempo

x_P — título molecular do componente mais volátil no produto final de destilação

O_{n+1} — número de moléculas em refluxo do prato n + 1 para o prato n, por unidade de tempo

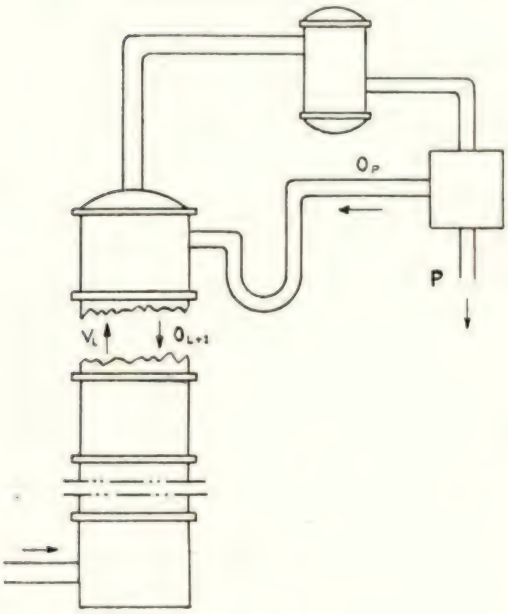
x_{n+1} — título molecular do componente mais volátil no líquido ao refluxo O_{n+1}

V_n — número de moleculas de vapor, ascendendo do prato n para o prato n + 1, por unidade de tempo

y_n — título molécular do componente mais volátil no vapor ascendente V_n

L — número de moléculas de vapor, vindo do alambique ou caldeira, e recolhido à base da coluna, por unidade de tempo

x_L — título molecular do componente mais volátil no vapor de alimentação L



Admitamos que só se efectua, intermitentemente, o refluxo O_P, quando o arrefecimento da cabeça da coluna o exigir. Teremos, pois, normalmente, em relação à cabeça duma coluna de $n+1$ pratos, a seguinte igualdade:

$$V_n = O_{n+1} + P$$

e para qualquer outro prato l:

$$O_{l+1} + V_{l-1} = O_l + V_l$$

e em relação à base da coluna:

$$O_2 + L = O_1 + V_1$$

E porque a quantidade de componente mais volátil que entra é igual à que sai:

$$y_n \cdot V_n = x_{n+1} \cdot O_{n+1} + P \cdot x_P$$

$$x_{l+1} \cdot O_{l+1} + y_{l-1} \cdot V_{l-1} = O_l \cdot x_l + y_l \cdot V_l$$

$$x_2 \cdot O_2 + x_L \cdot L = x_1 \cdot O_1 + y_1 \cdot V_1$$

Da primeira destas três últimas equações tira-se o valor de y_n, em função de x_{n+1}:

$$y_n = \frac{O_{n+1}}{V_n} x_{n+1} + \frac{P}{V_n} \cdot x_P$$

e porque:

$$V_n = O_{n+1} + P$$

$$y_n = \frac{O_{n+1}}{O_{n+1}+P} x_{n+1} + \frac{P}{O_{n+1}+P} x_P$$

Esta expressão relaciona os títulos moleculares, do componente mais volátil na fase líquida e na fase gasosa, em equilíbrio, em qualquer dos pratos.

De facto e admitindo

$$O_{n+1} = O_n = O_l$$

para o prato n, teremos:

$$O_{n+1} + V_{n-1} = O_n + V_n$$

e porque:

$$V_n = O_{n+1} + P$$

vem

$$V_{n-1} = O_n + P$$

a que correspondem quantidades idênticas do composto mais volátil. Donde se deduz a relação:

$$y_{n-1} = \frac{O_{n+1}}{O_{n+1}+P} x_n + \frac{P}{O_{n+1}+P} \cdot x_P$$

para qualquer outro prato verifica-se, por recorrência, a equação:

$$y_n = R x_{n+1} + Q$$

em que

$$R = \frac{O_{n+1}}{O_{n+1}+P} \text{ e } Q = \frac{P}{O_{n+1}+P} x_P$$

fazendo $P = 1$

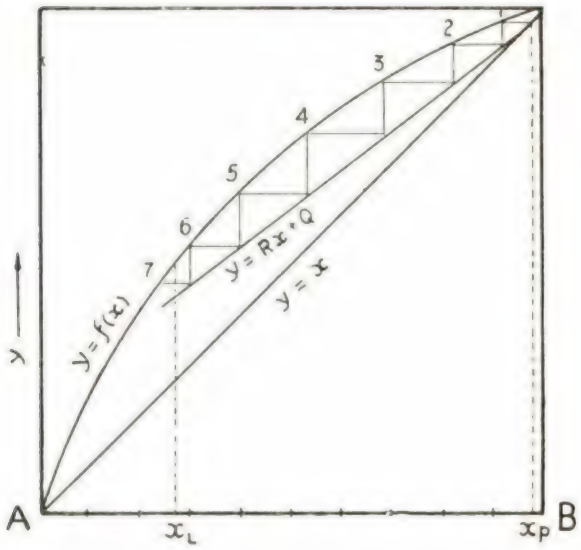
$$R = \frac{O_{n+1}}{O_{n+1}+1} \text{ e } Q = \frac{1}{O_{n+1}+1} x_P$$

Para determinar os coeficientes R e Q basta conhecer o título molecular x_P do componente mais volátil no produto recolhido, e conhecer a relação $\frac{O_{n+1}}{P}$.

Se conhecermos ou tivermos a possibilidade de traçar um diagrama $y = F(x)$, relativo a um sistema binário, e que relacione o título molecular y do componente mais volátil na fase gasosa, com o título molecular x do mesmo componente na fase líquida, podemos determinar o número teórico de pratos duma coluna. Esse diagrama, regra geral, para os sistemas azeotrópicos da esterificação será do chamado tipo «normal», metanol-água ou mistura binária de hidrocarbonetos.

Sobre a recta $y = Rx + Q$ estarão localizados os diferentes valores y_l, x_{l+1}, títulos moleculares do componente mais volátil nas fases gasosa e líquida, em equilíbrio, num prato l.

Uma vez conhecidos ou arbitrados, os coeficientes R e Q, traçar-se-á a recta $y = Rx + Q$, que intersectará no ponto $x = x_P$, a diagonal $y = x$ (visto que $y_{n+1} = x_P$).



Acima do prato n + 1, admite-se como constante y_{n+1} (segmento de horizontal); à superfície do prato n + 1, considera-se atingido o equilíbrio entre a fase líquida e a fase vapor (o segmento horizontal intersecta agora a curva $y = F(x)$); ao longo do prato n + 1, toma-se x_{n+1} como constante (segmento de vertical), por outro lado sabe-se que x_{n+1} está relacionado com y_n pela função linear $y = Rx + Q$ (a vertical anterior é limitada inferiormente por esta recta); entre o prato n + 1 e o prato n, considera-se y_n constante (segmento de horizontal)... A linha quebrada assim iniciada é traçada desde x_P a x_L: cada um dos seus vértices, situados sobre $y = F(x)$ representa um prato. O diagrama junto é relativo a uma destilação que exige uma coluna com um número teórico de pratos igual a 7.

O valor mínimo teórico do refluxo, que interessa conhecer, para se poderem arbitrar valores convenientes a $\frac{O}{P}$, é o correspondente à recta que passa pelo ponto $x_p = y_{n+1}$ e que intersecta a curva $y = F(x)$ no ponto de abcissa x_L (coluna com número infinito de pratos). O número teòricamente mínimo de pratos corresponderá à recta de coeficientes $R = 1$ e $Q = O$.

Este mesmo processo serve para calcular uma coluna alimentada por um dos pratos intermédios, e na base da qual se recolhe um resíduo S (destilação de sistemas binários).

Seja:

S — número de moléculas de resíduo, por unidade de tempo

x_S — título molecular do componente mais volátil no resíduo S

A — número de moléculas de produtos a destilar lançadas a meio da coluna, por unidade de tempo

x_A — título molecular do componente mais volátil em A

Neste caso a expressão anterior $y_n = Rx_{n+1} + Q$ só se aplica acima do prato, onde se efectua a alimentação da coluna. Abaixo deste prato, teremos uma relação do tipo:

$$y_v = \frac{O_{v+1}}{O_{v+1} - S} x_{v+1} - \frac{S}{O_{v+1} - S} x_S$$

As rectas y_v e y_n, intersectar-se-ão, agora num ponto de abcissa x_A, e a recta y_v encontrará $y = x$ no ponto de abcissa x_S. A linha quebrada, cujos vértices sobre $y = F(x)$ indicam o número de pratos, será traçada desde x_S até x_p e entre a curva $y = F(x)$ e as rectas y_v e y_n.

Exemplo de aplicação

Vamos determinar o número de pratos que deve ter uma coluna de destilação, que recolhe os vapores de álcool-água-éster do alambique de esterificação e que rectifica o ternário acetato de etilo-etanol-água (processo descontínuo).

Sabe-se que o acetato de etilo forma os seguintes binários e ternário:

acetato de etilo-etanol	pe	71,8°C
acetato de etilo-água	pe	70,4°C
acetato de etilo-etanol-água	pe	70,3°C

Admitamos que a carga é constituída por álcool a 94 % e ácido acético a 85 % (reagentes industriais), e introduzida em quantidades equivalentes de álcool e ácido. Em moléculas, a composição da mistura reagente será a seguinte:

1 molécula de etanol
1 molécula de ácido acético
0,78 moléculas de água

Consideramos que num dado instante o rendimento da esterificação é de 60 %. Relativamente à carga considerada, teremos a seguinte mistura (em moléculas):

0,4 moléculas de álcool
0,4 moléculas de ácido
1,38 moléculas de água
0,6 moléculas de éster

Vamos estabelecer, teòricamente, que, na base da coluna, apenas se recolhe a mistura dos vapores do ternário e do binário éster-álcool. Esta hipótese justifica-se, não tanto pela diferença de pontos de ebulição, mas principalmente pelo facto do álcool estar nìtidamente em defeito em relação à água e ao éster, e esta diferença se acentuar cada vez mais, à medida que a esterificação prossegue.

Dos quadros das misturas azeotrópicas tiram-se as seguintes composições:

ternário	0,6	moléculas de éster
»	0,13	» de álcool
»	0,27	» de água
	1,00	
binário	0,7	moléculas de éster
»	0,3	moléculas de água
	1,0	

Consideremos que o binário e o ternário se libertam de tal modo que no seio da mistura dos seus vapores se mantém a mesma relação entre as quantidades de água e de álcool, que existia no líquido em ebulição. Designando por T o número de equivalentes do ternário e por B o número de equivalentes do binário, teremos as seguintes relações:

$$\frac{1,38}{0,4} = \frac{0,3\,B + 0,27\,T}{0,13\,T}$$

$$0,18\,T = 0,12\,B + 0,108\,T$$

$$T = 1 \qquad B = 0,6$$

Ou ainda:

0,625 equivalentes do ternário
0,375 equivalentes do binário
1,000

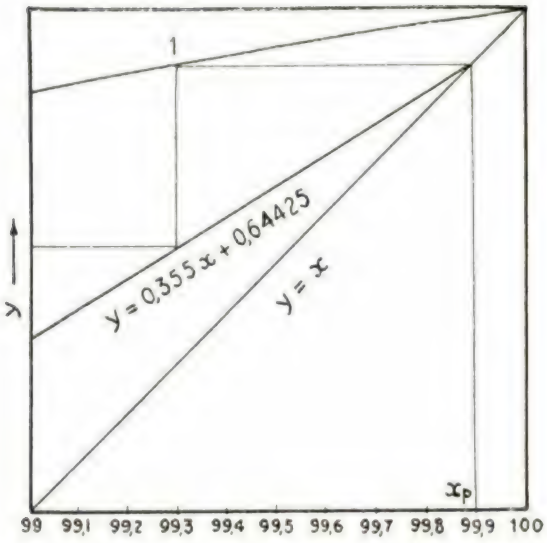
$x_L = 0,625$

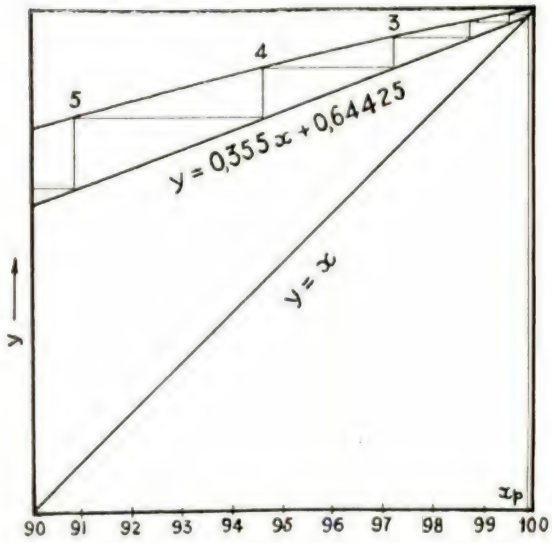
Recolhe se na cabeça da coluna o ternário, impurificado, ainda, com algum binário éster-água. Admitamos, que, para o valor considerado, o líquido condensado tem a seguinte composição:

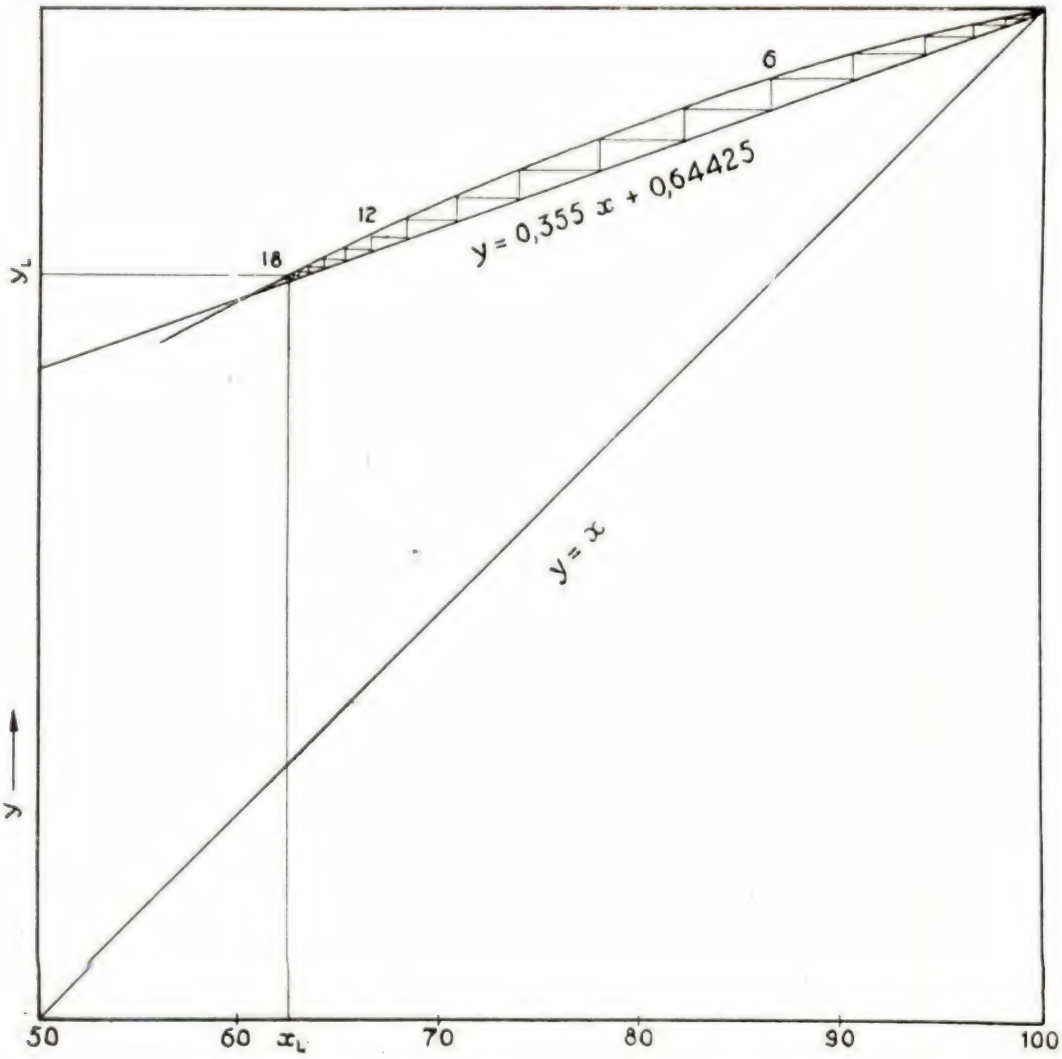
99,9 equivalentes do ternário
0,1 equivalentes do binário
100,0

$x_P = 0,999$

Este valor não é exagerado, se atendermos que, com o prosseguimento da reacção, a quantidade de água aumenta e a quantidade de álcool diminuirá. O poder separador da coluna virá, assim, sensìvelmente diminuindo em relação ao que vai ser calculado teòricamente.


1
y = 0,355 x + 0,64425
y = x
y
x_p
99 99,1 99,2 99,3 99,4 99,5 99,6 99,7 99,8 99,9 100


3
4
5
y = 0,355 x + 0,64425
y = x
y
x_p
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100


6
12
18
y = 0,355 x + 0,64425
y = x
y_L
y
50 60 x_L 70 80 90 100

Calculemos o valor da taxa mínimo de refluxo:

$$\text{mínimo } \frac{O}{P} = \frac{x_P - y_L}{y_L - x_L} = \frac{0{,}999 - 0{,}870}{0{,}870 - 0{,}625} = 0{,}517$$

Tomemos para valor real da taxa de refluxo:

$$\frac{O}{P} = 0{,}55$$

A função linear:

$$y_{n+1} = \frac{0}{0+1}\, x_n + \frac{1}{0+1}\, x_P$$

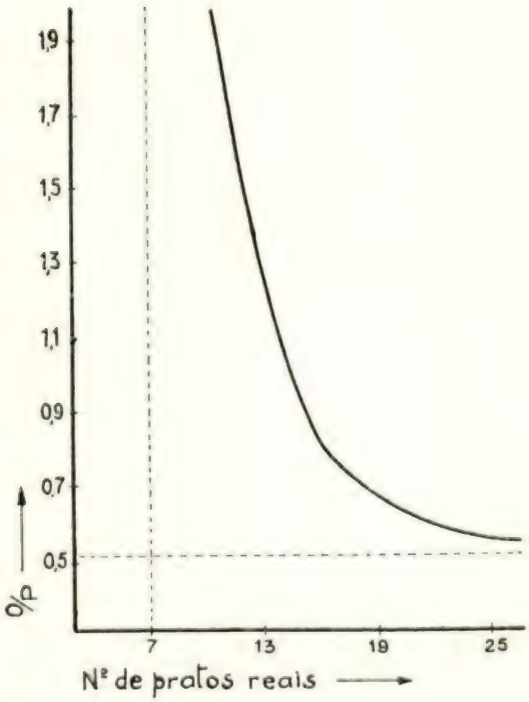
para os valores atrás considerados apresentará a seguinte forma:

$$y_{n+1} = 0{,}355\ x_n + 0{,}64425$$

Recorrendo ao processo gráfico, determina-se um número teórico de pratos igual a 18.

Considerando a relação de 0,7 entre o número teórico e o número real de pratos, este último será:

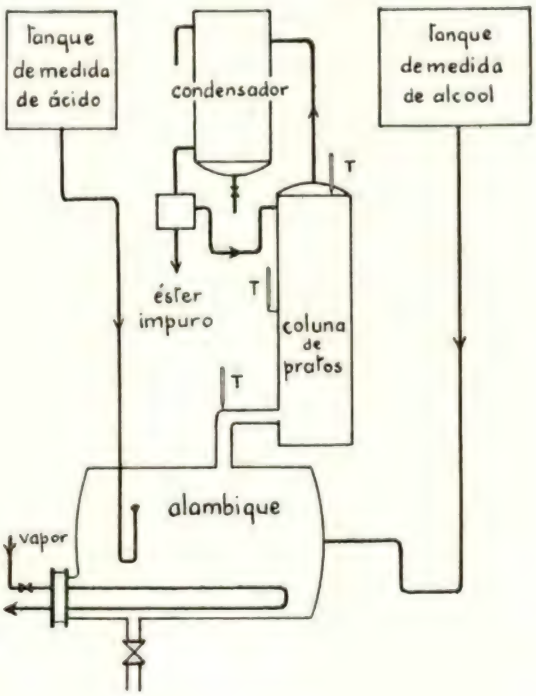
$$\frac{18}{0{,}7} = 26 \text{ pratos}$$



Uma coluna com 26 pratos satisfará ao objectivo exigido.

Para outros valores de O / P, determinou-se gràficamente o número de pratos:

O / P	$y_n + 1$	Número de pratos teóricos	Número de pratos reais
0,517	$0{,}341\ x_n + 0{,}649$	∞	∞
0,55	$0{,}355\ x_n + 0{,}644$	18	26
0,6	$0{,}375\ x_n + 0{,}622$	15	22
0,8	$0{,}444\ x_n + 0{,}554$	11	16
1,2	$0{,}546\ x_n + 0{,}452$	9	13
∞	x_n	5	7



O número de pratos das colunas, na esterificação, é variável consoante o éster e processo de preparação. Assim, nas esterificações com o álcool butílico, em que o poder separador exigido não é grande e a técnica de esterificação simples, usam-se colunas com 5 pratos.

Na preparação do acetato de etilo pelo processo descontínuo utilizam-se colunas

com o número de pratos da ordem do que foi calculado. Estas mesmas colunas poderão servir no processo contínuo, desde que a carga álcool-ácido, seja descarregada num alambique, que lança os vapores do ternário e binário éster-água à base da coluna. Quando se utilizam colunas de esterificação (colunas em que a carga desce em contracorrente com os vapores do ternário, e em que a reacção se dá na própria coluna) o número de pratos é muito mais elevado (da ordem das 40 unidades).

4 — Instalação

Uma instalação de esterificação de ácidos ou anidridos orgânicos e de álcoois pode classificar-se dentro das três seguintes categorias:

1) o éster tem baixo ponto de ebulição e é separado por fraccionamento, juntamente com apreciável quantidade de água e álcool (acetatos de metilo e etilo).

2) o éster tem um ponto de ebulição mais elevado, e por destilação formam-se azeotrópicos, separáveis, após condensação em 2 camadas, da qual a inferior é muito rica em água (acetatos de butilo e amilo).

3) o éster tem um ponto de ebulição tão elevado, que é possível deixá-lo permanecer no vaso de esterificação e eliminar a água e o ácido ou álcool em excesso por simples destilação (ftalatos de etilo e butilo).

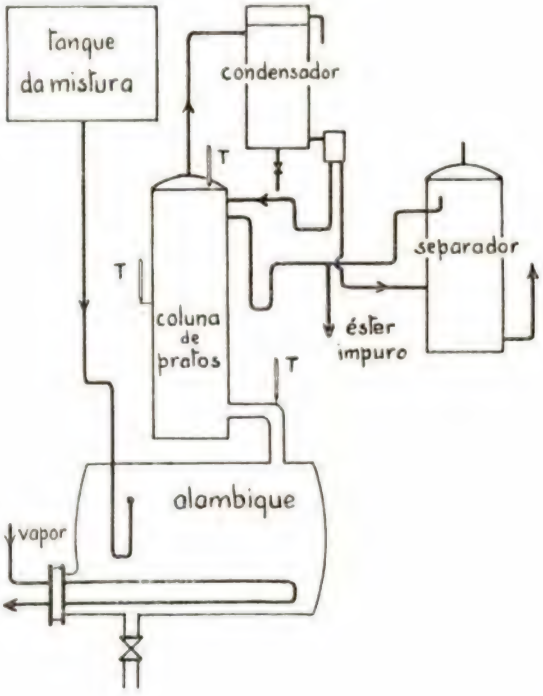
Os dois processos podem efectuar-se contínua ou descontìnuamente.

Um esquema duma instalação descontínua do tipo 1) compreende:

tanques de alimentação
tanques de medida
alambique ou caldeira (com aquecimento pelo vapor)
termómetros (T) em diversos pontos da coluna de pratos e à saída do alambique
condensador

(figura da página anterior)

Uma instalação descontínua do tipo 2) compreende, além dos órgãos comuns à montagem anterior, um separador, onde o



líquido resultante da condensação do azeotrópico (éster-água-álcool), se divide em 2 camadas.

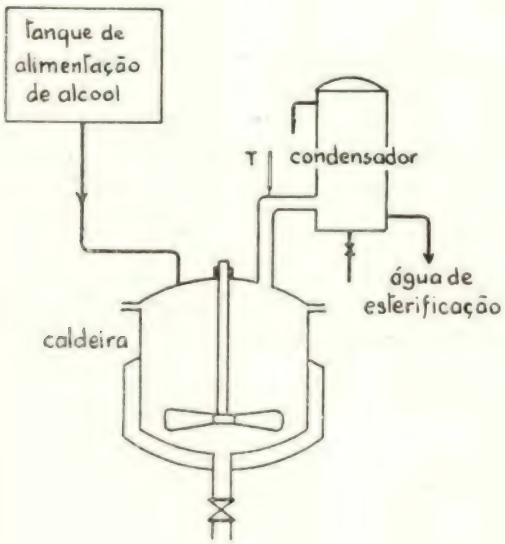
A parte inferior rica em água é extraída por decantação. A camada superior é lançada novamente por refluxo na coluna de pratos, dando-se assim uma deshidratação contínua.

No processo 3) utilizam-se apenas os seguintes elementos principais, quando o ponto de ebulição dos reagentes (ácido e álcool) é muito superior ao da água, que se elimina por destilação contínua durante a esterificação:

tanques de alimentação (ou tremonha para carga de sólidos)
tanques de medida (ou balança para pesagem de sólidos)

alambique ou caldeira
termómetro à saída do alambique
condensador

Assim, a esterificação dum monol ou poliol (líquido) com um anidrido ou ácido (sólido) de pontos de ebulição muito superiores ao da água efectuar-se-á uma instalação do seguinte tipo:



A carga sólida será introduzida no início da operação.

A caldeira de esterificação será provida dum agitador, se a homogenização do meio o exigir.

O aquecimento pode fazer-se pelo vapor ou pelos fumos duma combustão, realizada em fornalha.

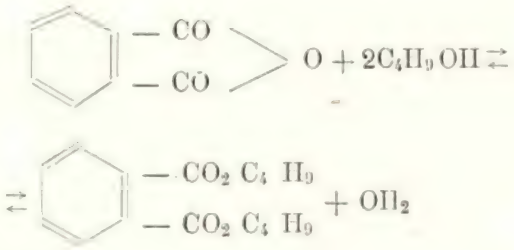
Quando o ponto de ebulição dum dos reagentes é baixo, e o éster pouco volátil, empregam-se montagens do tipo das utilizadas em esterificações do tipo 2). Formam-se azeotrópicos binários com o reagente mais volátil (geralmente o álcool) e a água, que, uma vez condensados, se separam em 2 camadas. A camada superior rica em álcool é lançada, por refluxo, novamente, na coluna de pratos; a camada inferior, constituída principalmente por água é extraída por decantação.

Durante toda a reacção o éster permanece no alambique.

5 — Exemplos de Esterificações em Escala Industrial

Esterificação descontínua — obtenção do ftalato de dibutilo

Trata-se duma reação equilibrada entre um anidrido de ácido e um monol:



Empregam-se como matérias primas anidrido ftálico comercial e álcool butílico com cerca de 20 % de água. O catalisador utilizado é o ácido sulfúrico (10^{-3} do peso total da carga). O álcool é adicionado em excesso de cerca de 30 % por duas razões:

1) desloca o equilíbrio por simples acção de reagente em excesso.

2) tem a mesma acção por facilitar a eliminação da água (extraída pela parte inferior do separador).

Este último papel do butanol, explica-se por formar com a água um binário com as seguintes características:

pe 93 % álcool 46,5 % água 53,5 %

Os vapores do binário são recolhidos na cabeça da coluna, e uma vez condensados, separam-se em duas camadas, na seguinte proporção:

camada superior	44,5 %
camada inferior	55,5 %

A composição destas camadas é respectivamente:

camada superior	77,5 %	butanol	22,5 %	água
camada inferior	8, %	butanol	92,0 %	água

A remoção da camada inferior permite, assim, a eliminação da água.

O equipamento é idêntico ao indicado na montagem da esterificação descontínua, se exceptuarmos que a carga sólida (anidrido) é lançada por meio de uma tremonha no alambique. Essa tremonha pode ser alimentada por um sem-fim. O vaso de reacção é de aço inoxidável.

A esterificação considera-se completa, quando cessa a libertação de água e as amostras tiradas do alambique apresentam fraca acidez. O butanol em excesso é então removido por simples destilação sem refluxo.

Os líquidos que ficam no alambique e que apresentam acidez devido ao ácido sulfúrico (catalisador) e a ácidos orgânicos, são neutralizados por leite de cal em excesso.

A água é eliminada do éster, por destilação no vazio, fazendo borbulhar um gás inerte.

Finalmente, o ftalato de dibutilo é purificado por redestilação, sob pressão reduzida.

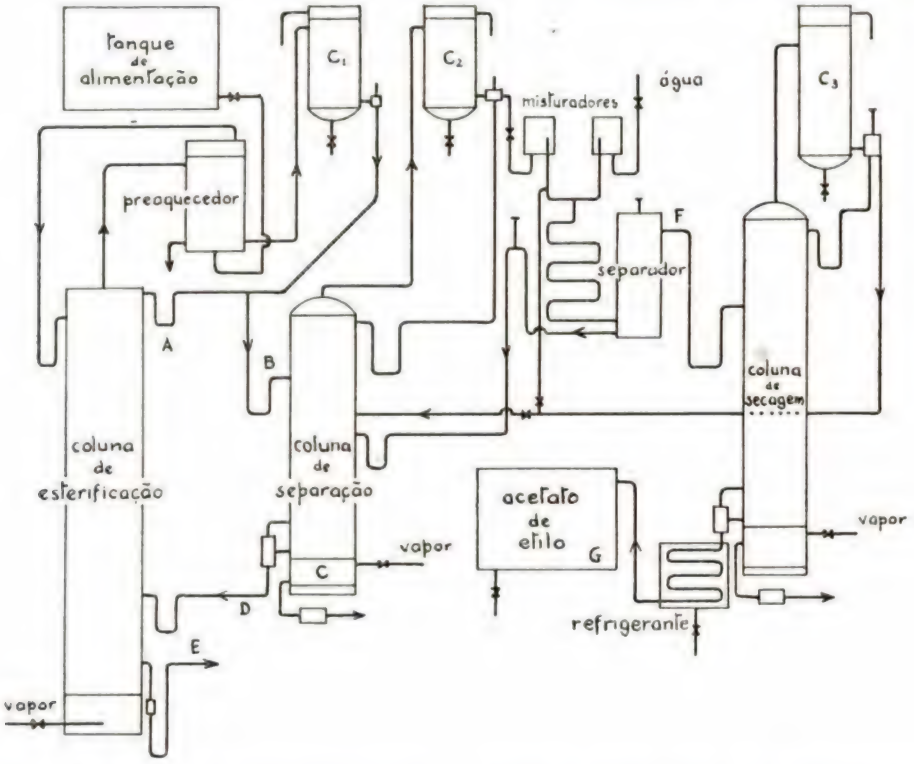
O ftalato de dibutilo é um plastificante largamente usado e cuja produção anual é da ordem das dezenas de milhar de toneladas.

Esterificação contínua — obtenção de acetato de etilo

Esta técnica utiliza como matéria prima ácido acético obtido por fermentação (diluído portanto em álcool e água).

A velocidade com que a carga é adicionada regula o funcionamento da instalação. O processo tem ainda a grande vantagem da purificação final do éster ficar ligada à sua produção.

Dos tanques de alimentação, a mistura ácido-alcool-água é lançada numa coluna de esterificação, na cabeça da qual se recolhe, o ternário (20 % éster; 10 % água; 70 % alcool). Os vapores atravessam um preaquecedor, que aquece a carga, e seguem para um condensador (C_1). Parte do ternário retorna para a coluna de esterificação (por A), a fim de manter o regime adequado de temperatura naquela coluna; a outra fracção entra (em B) numa coluna de separação, onde se efectua uma rectificação do ternário. Este, uma vez rectificado, segue para a secção de lavagem. Parte do ternário rectificado volta em refluxo para a coluna de separação.



Quanto ao binário álcool-água, que se separa à base da coluna de separação, volta para a coluna de esterificação (por D). O ternário rectificado, após os seus vapores terem sido condensados no condensador C_2 é misturado com água. A camada superior rica em éster e água, é lançada (por F) na coluna de secagem. A camada inferior (álcool e água) volta para a coluna de separação.

Na coluna de secagem recolhem-se na cabeça os vapores do binário água-éster (que são condensados em C_3), parte dos quais retorna em refluxo para a coluna de secagem, enquanto a maior parte volta à coluna de separação. Na base da coluna de secagem recolhe-se o éster (acetato de etilo).

Na base da coluna de esterificação (em E) saiem as purgas constituídas principalmente por água.

O éster produzido contém pequenas quantidades de ácido e álcool livres, sais de cobre (resultantes da corrosão dos aparelhos) e ésteres de ponto de ebulição superior de outros ácidos e alcoois, presentes como impurezas na carga inicial.

A purificação efectua-se por simples redestilação.

O acetato de etilo é produzido em grandes tonelagens e tem largo consumo como intermediário de síntese e dissolvente.

BIBLIOGRAFIA

Gay, Mion e Auméras — Considérations générales sur l'obtention des éther-sels — Bull. Soc. Chim. (4), 39, 1329 (1926).

— Sur l'obtention des éther-sels ; obtention de l'acétate d'isoamyle — Bull. Soc. Chim. (4), 41, 1027 (1927).

Groggins — Unit Processes in Organic Synthesis — ed. Mc. Graw Hill (1947).

Horsley — Table of Azeotropes and Nonazeotropes — Ind. Eng. Chem. — An. Ed. 508 (1947).

McCabe e Thiele — Graphical Design of Fractionating Columns — Ind. Eng. Chem. — 605 (1925).

Reid — Esterification — Ind. Eng. Chem. 1596 (1948).

Riegel — Chemical Machinery — ed Reinhold (1944).

Walker, Lewis, Adams e Gilliland — Principles of Chemical Engineering, ed. Mc. Graw-Hill (1935).

BIBLIOTECA

PUBLICAÇÕES

Todas as publicações aqui indicadas, são pertença da Biblioteca da A. E. I. S. T. e podem ser consultadas a partir desta data.

Os números indicados à esquerda, dão a localização das obras na nossa Biblioteca, e há conveniência em os saber quando da requisição de livros.

80-S C. D. 532.5

Algumas reflexões sobre o traçado das curvas de regolfo

Por P. DE VARENNES E MENDONÇA

Anais do Instituto Superior de Agronomia
1948 — 22 Págs.

81-S C. D. 532 5

Sobre a fórmula de Iszkowski para a determinação do caudal de máxima cheia

Por P. DE VARENNES E MENDONÇA

Anais do Instituto Superior de Agronomia
1948 — 11 Págs.

82-S C. D. 532 5

Do movimento uniforme nos canais

Por P. DE VARENNES E MENDONÇA

Anais do Instituto Superior de Agronomia
1948 — 15 Págs.

EIE-47 C. D. 621.3

Estatística das instalações eléctricas em Portugal (1947)

Direcção Geral dos Serviços Eléctricos
1948 — Vol. 1 — 40 Págs.

273-F C. D. 621.73

Instrucciones de forjado

Editorial Balzola — 1948 — 10 Págs.

272-F C. D. 621.88

Instrucciones de cincelado

Editorial Balzola — 6 Págs.

477-B C. D. 622

Estudos, notas e trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro

Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos
1947 — Vol. III — Fasc. 3 e 4 — 192 Págs.

274-F C. D. 622.37

The diamond research laboratory

Industrial Distributors, Ltd. — 1948 — 16 Págs.

83-S C. D. 631.3:6.0015

A Engenharia Agrícola e a Investigação Técnica

Por P. DE VARENNES E MENDONÇA

Anais do Instituto Superior de Agronomia
1948 — 7 Págs.

476-B C D. 662:998:674.83

Aglomerado de cortiça para isolamento térmico

Sociedade Corticeira Robinson Bros, Ltd.ª
Portalegre — 1 vol. — 38 Págs.

REVISTAS

		C. D.
Aeroplane (The), n.os 1953 a 1957	Inglaterra	629.13
Aircraft Engineering, n.os 237 a 238	Inglaterra	629.13
Análise n.os 14-15	Portugal	51/54
Arquitecto Constructor (El), n.º 679	Argentina	72
Arquitectura, n.º 25	Portugal	72
Arquitectura Portuguesa, n.º 151	Portugal	72
Boletim Cultural da Guiné Portuguesa, n.º 11 (1948)	Portugal	7:8:9
Brotéria, Fascículos 5 e 6 (1948)	Portugal	1:2:3 7:8
Bulletin du Congrés des Chemins de Fer, n.º 11 (1948)	Bélgica	385
Bulletin of the British Cast Iron Research Association, n.º 9 (1948)	Inglaterra	619.16
Bulletin Oerlikon, n.º 272	Suíça	621.3
Cemento y Hormigón, n.º 176	Espanha	666.9:624
Chronique des Mines Coloniales (La), n.º 147	França	622
Ciencia y Tecnica, n.º 556 a 558	Argentina	62/69
Dyna, n.º 10 (1948)	Espanha	62/69
Electrical Communication, n.º 4, (1947) e n.º 2 (1948)	Inglaterra	621.3
Engenheiro Westinghouse (O), Dezembro, 1948	U. S. A.	621.3
Estudos, n.º 271	Portugal	1:2:3.7:8
Ferrocarriles y Tranvias n.º 163	Espanha	000000
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.os 1462 a 1464	Portugal	385
Gil Vicente, n.os 9-10 (1948)	Portugal	1:2:3:7:8
Indústria e Técnica, n.º 23	Portugal	62/69
Informaciones Iram, n.º 8 (1948)	Argentina	389.6
Ingenieria (La), n.os 884 e 885	Argentina	62
Ossature Metalique, n.os 11 e 12 (1948)	Bélgica	624.014
Quaderni di Architettura, n.os 27 e 28	Itália	72
R. A. E. (Boletim da Repartição de Águas e Esgotos), n.os 18, 19 e 20	Brasil	628.3
Revista de Camiños, n.os 7-8 (1948)	Chile	625
Revista Electrotécnica, n.º 11 (1948)	Argentina	621.3
Revista das Obras Públicas, n.º 2804	Espanha	624/628
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 58	Portugal	62
Revue Brown Boveri, n.os 5-6 (1948)	Suíça	621.3
Revue de Soudure Electrique, n.º 17	Suíça	621.791
Seara Nova, n.os 1094 a 1096	Portugal	3:7:81(07

FICHEIRO

Sob esta rubrica, figuram só as fichas dos artigos que nos mereceram maior atenção e estão contidos nas revistas recebidas nesta Biblioteca.

Física molecular e atómica

C. D. 539.2

Physical properties of crystals and their symmetry — *Marcel Tournier.*

Electrical Communication, 12-947, vol. 24, n.º 4, págs. 478/525.

Ensaios de materiais

C. D. 620.1

The Stress-Strain Characteristics of a Magnesium Alloy Beam — *A. E. Johnson.*

Aircraft Engineering, 11-948, vol. xx, n.º 237, págs 330/334.

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

CONDUTORES ELÉCTRICOS

CEL

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

•

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

Distribuição e regulação

C. D. 621.316.57.064.22 : 621.316.92

Points de vue modernes sur les problémes de l'élimination des défauts dans les réseaux à haute tension — *P. Waldvogel.*

Revue Brown Boveri, 5-6-948, vol. 35, n.º 5-6, págs. 131/134.

C. D. 621.316.37-621.51

Le rôle de l'air comprimé dans les postes modernes de distribution — *H Bossi.*

Revue Brown Boveri, 5-6-948, vol. 35, n.º 5-6, págs. 135/143.

C. D. 621.316.727

Sur un montage en pont utilisé comme déphaseur — *R. Matthaei.*

Revue Brown Boveri, 5-6-948, vol. 35, n.º 5-6, págs. 157.

Telecomunicações

C. D. 621.396.5:621 396.41

Une première installation d'essai à canaux multiples par ondes dirigées assure le service telephonique public entre Zurich et Génève — *W. Steinmann et E. Huber.*

Revue Brown Boveri, 3-4-948, vol. 35, n.º 3-4, págs 111/115.

C. D. 621.396.671

High gain with discone antennas — *A. G. Kandoian, W. Sichak e R. Felsenheld.*

Electrical Communication, 6-948, vol. 25, n.º 2 págs. 139/147.

Mecânica dos solos

C. D. 624.1

La mecanica de los suelos y la presión lateral de las tierras — *Oreste Moretto.*

Ciencia y Técnica, 10-948, vol. 111, n.º 556, págs. 185/204.

Pontes

C. D. 624.2.014.9

Uma ponte inteiramente de alumínio.

Revista da Ordem dos Engenheiros, 10-948, vol. 6, n.º 58, págs. 537/539.

Aeronautica

C. D. 663.63:629.13

Filtration as Applied to the Aircraft Industry — *J. Parkinson.*

Aircraft Engineering, 11-948, vol. xx, n.º 237, págs. 337/343

C. D. 534.1:629.13

The vibration of propeller blades — *G. A. Dirac.*

Aircraft Engineering, 11-948, vol. xx n.º 237, págs. 322/343.

C. D. 629.13:623

Guided Missiles — *A. R. Weyl.*

The Aeroplane, 1948, vol. LXXIV, n.ºs 1929-31-33, págs. 641/643, 695/698, 757/759.

Vol. LXXV, N.º 1937-40-43-48-53, págs. 101/103, 186/188, 285/288, 475/480, 616/621.

C. D. 629 135.21

Handley Pagé's Hermes IV

The Aeroplane, 1-10-948, vol. 75, n.º 1947, págs. 447/452.

Química-Industrial

C. D. 665.5

Gasolinas etiladas — *Justo Larrea.*

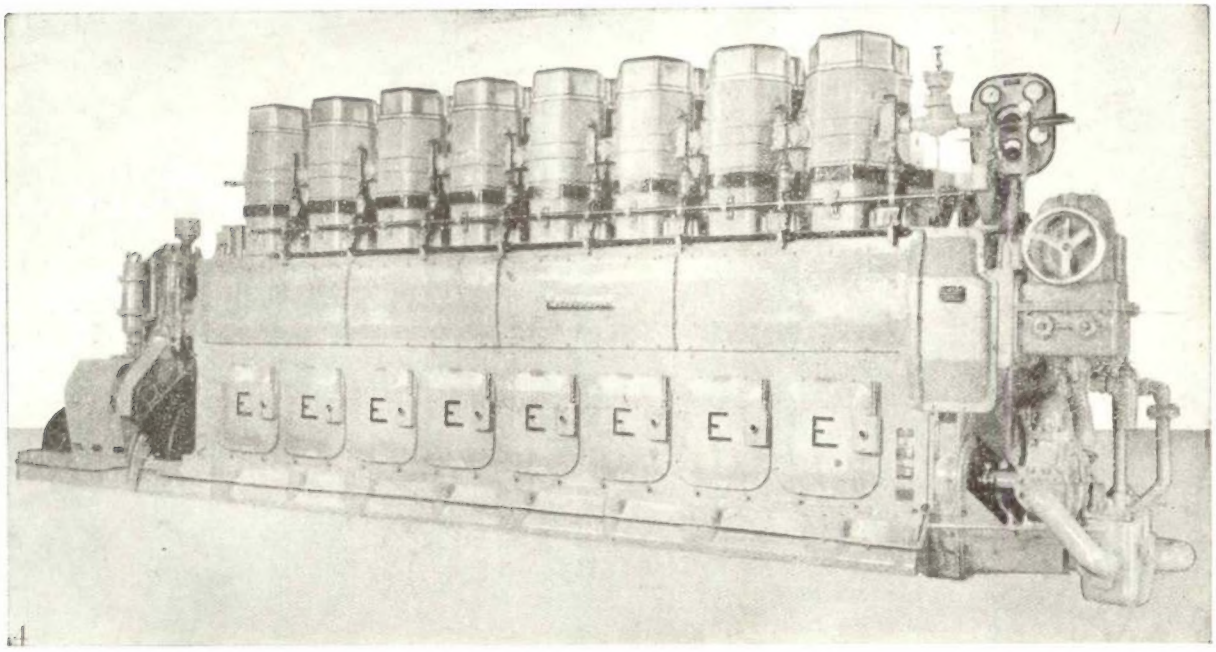
Dyna, 8-948, vol. 23, n.º 8, págs. 371/372.

Publicam secções de bibliografia técnica as seguintes revistas recebidas na nossa Biblioteca:

CIENCIA Y TECNICA
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS
DYNA
CEMENTO Y HORMIGON
REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS
ALFA

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

RUA ANDRADE CORVO, 3-C — **LISBOA**